

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**Centro de Investigación y Estudios en Medio Ambiente**  
**CIEMA-UNI**



***“Caracterización de remanentes de bosque, con potencial para el  
mantenimiento de la calidad ambiental, en la parte Este del Lago  
Cocibolca, Nicaragua, 2010”***

**Tesis sometida a la consideración del Centro de Investigación y Estudios en Medio  
Ambiente, para optar al título de maestro en ciencias ambientales**

**Tesista: Ing. Estanislao Salazar Quiróz**

**Tutor: MSc. Ing. Sergio Gámez Guerrero**

**Asesores: PhD. Noel González Valdivia  
PhD. Pablo Siles Gutiérrez**

**Managua, Julio, 2010**

## CARTA DE SOLICITUD DE INSCRIPCION DE PROTOCOLO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
Centro de Investigación y Estudios en Medio Ambiente  
(CIEMA – UNI)



13 de junio del 2008

A: Msc. Lua Toruño  
Coordinadora de la maestría en ciencias ambientales  
CIEMA/UNI


Asunto: Solicitud de inscripción

Esimada Msc. Toruño, reciba un cordial saludo;

Sirva la presente para hacer formal solicitud de inscripción del protocolo de mi trabajo de investigación titulado: *"Determinación de las características cuantitativas y cualitativas de las áreas de bosque remanente prioritarias de manejar, en la parte Este del lago Cocibolca, Nicaragua, 2007"*.

Mi propuesta para tutor, es el Ingeniero Sergio Gámez, y el asesor el Dr. Noel González Valdivia. La propuesta de este asesor externo ya es de conocimiento de la coordinación de la maestría, y también tiene en su poder el currículo del Dr. Gonzalez.

Agradeciendo de antemano, todo el apoyo brindado a mi persona, nuevamente le reitero mis saludos, y le deseo siempre existos.

  
Att: Estanislao Salazar Quiroz  
Tesisista/CIEMA-UNI

Cc. Msc. Sagrario Espinal  
Secretaria académica  
CIEMA-UNI

## CARTA DE APROBACION DEL PROTOCOLO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
Centro de Investigación y Estudios en Medio Ambiente  
(CIEMA - UNI)



Managua, 20 de Junio de 2008

**Ing. Estanislao Salazar Quiroz**  
Egresado Maestría en Ciencias Ambientales

Estimado Ing Salazar:

Por medio de la presente tengo a bien informarle que en acta No 08-2008 del Consejo Académico del CIEMA del día miércoles 18 de junio del año en curso, se aprobó el protocolo de Investigación con el tema: *"Determinación de las características cuantitativas y cualitativas de las áreas de bosques remanentes prioritarias de manejar en la parte Este del Lago Cocibolca, Nicaragua, 2007"*

En base a la misma acta 08-2008 se acordó cumplir con las normativas del Reglamento de Culminación de Estudios de las Maestrías para la elaboración y defensa de tesis. Así mismo se confirmó como Tutor al MSc Sergio Gámez y como Asesor al PhD Noel González.

Sin más que agregar y deseándoles éxitos en la realización del trabajo para optar al título de Maestría, me suscribo

Atentamente:

  
MSc Lúa Toruño Vallecillo  
Coordinadora de Maestría en  
Ciencias Ambientales  
CIEMA - UNI



cc/ MSc Sergio Gámez G  
MSc Sagrario Espinal M  
Archivo

Director CIEMA  
Secretaría Académica CIEMA

# CARTA DE NOMBRAMIENTO DEL TRIBUNAL EXAMINADOR



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
Centro de Investigación y Estudios en Medio Ambiente  
CIEMA-UNI



Managua, 11 de Febrero de 2010

Ing. Estanislao Salazar Quiroz  
Sus Manos

Estimado Ing. Salazar

Por medio de la presente tengo a bien informarle que ya está conformado el Tribunal examinador para su trabajo de Tesis " *Caracterización de remanentes de bosques, con potencial para el mantenimiento de la calidad ambiental, en la parte Este del Lago Cocibolca, Nicaragua, 2009*", para optar al Título de Maestro en Ciencias Ambientales que otorga la Universidad Nacional de Ingeniería.

El Tribunal Examinador está conformado por el MSc. Edouard Jacotin, la MSc. Rosario Sotelo y el MSc. Cristóbal Medina. Según Reglamento de Culminación de Estudios en el Arto. 18 El Coordinador (a) de Maestría remitirá a cada miembro del Tribunal Examinador una copia del Trabajo de Tesis para su análisis y evaluación. Dentro de los siguientes 30 días calendario cada miembro del Tribunal Examinador, en caso que las hubiere, remitirá al Coordinador(a) de Maestría las recomendaciones y modificaciones que considere necesarias a dicho Trabajo de Tesis. El Coordinador(a) de Maestría hará llegar estas recomendaciones al tesista y su tutor.

No omito manifestarles que el Tribunal examinador ya tienen en su poder el informe preliminar del Trabajo de Tesis y que dichas recomendaciones o sugerencias serán entregadas a la Coordinación el día 10 de Marzo del año en curso

Sin mas a que hacer referencia y deseándoles éxitos en el trabajo que han desarrollado me suscribo.

Atte.

  
MSc. Liza Toruño Vallecillo  
Coordinadora de Maestría  
CIEMA - UNI



cc/ MSc Sagrario Espinal M  
Archivo

Secretaría Académica CIEMA - UNI

Expte.

# INDICE GENERAL

Contenido	Página
Índice de tablas.....	i
Índice de figuras.....	ii
Índice de anexos.....	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimientos.....	v
Resumen.....	1
I Introducción.....	3
II Objetivos.....	5
III Marco teórico.....	6
3.1. Ecosistemas y Sociedad.....	6
3.2. Los bosques y su función protectora del los cuerpos de agua.....	6
3.3. Factores asociados a la deforestación en Nicaragua.....	7
3.4. Legislación forestal.....	13
3.5. La deforestación y la pérdida de especies.....	16
3.6. La conservación de ecosistemas.....	18
3.7. Áreas protegidas de Nicaragua.....	19
3.8. Medición de la diversidad alfa.....	21
3.9. Medición de la diversidad beta.....	30
3.10. Captura de carbono y su estimación.....	33
IV Preguntas de investigación.....	36
V Materiales y métodos.....	37
5.1. Características del área de estudio.....	37
5.2. Diseño metodológico.....	40
5.3. Variables estudiadas.....	43
5.4. Procesamiento de la información.....	44
VI. Resultados y discusión.....	48
6.1. Fragmentos de bosque.....	48
6.2. Diversidad alfa de especies forestales.....	54
6.3 Diversidad beta de los fragmentos de bosque estudiados.....	58

## INDICE DE TABLAS

	<b>Página</b>
Tabla1. Intensidad de muestreo para cada fragmento de bosque.....	39
Tabla 2. Variables estudiadas en los fragmentos de bosque.....	42
Tabla 3. Propietarios de cada fragmento de bosque .....	47
Tabla 4. Índices de similitud, para los diferentes fragmentos .....	58
Tabla 5. Frecuencia de encontradas en el fragmento de bosque 1.....	61
Tabla 6. Frecuencia de encontradas en el fragmento de bosque 2.....	62
Tabla 7. Frecuencia de encontradas en el fragmento de bosque 3.....	63
Tabla 8. Frecuencia de encontradas en el fragmento de bosque 4.....	64
Tabla 9. Frecuencia de encontradas en el fragmento de bosque 5.....	65
Tabla10. Frecuencia de encontradas en el fragmento de bosque 6.....	66
Tabla11. Familias, géneros y especies encontradas en cada fragmento.....	70
Tabla 12. Usos del suelo en los fragmentos de bosque estudiados.....	72
Tabla 13. Síntesis de las repuestas de los propietarios de los fragmentos .....	81

## INDICE DE FIGURAS

	<b>Página</b>
Figura 1. Mapa de ubicación del estudio.....	36
Figura 2. Diseño de las parcelas de muestreo.....	40
Figura 3. Ubicación general de los fragmentos de bosque estudiados .....	48
Figura 4. Ubicación detallada de los fragmentos de bosque 1, 2,3 y 4 .....	50
Figura 5. Ubicación detallada del fragmento de bosque 5 .....	51
Figura 6. Ubicación detallada del fragmento de bosque 6 .....	43
Figura 7. Estimadores de diversidad alfa: Chao1, ACE, ICE.....	53
Figura 8. Especies observadas, especies estimadas por ACE, ICE y Chao1 .....	56
Figura 9. Índices de diversidad Alfa, Simpson y Shannon para los fragmentos .....	57
Figura10. Dendrograma de similitud entre los diferentes fragmentos de bosque .....	59
Figura11. Densidad, área basal, biomasa aérea y potencial de captura de carbono .....	67
Figura 12. Eliminación de remanentes de bosque para la actividad agrícola y ganadera ...	75
Figura13. Uso que actualmente y futuro .....	77
Figura14. La percepción de los propietarios acerca de sus bosque .....	77
Figura15. Forma en que los propietarios protegen el bosque.....	78
Figura16. Apoyo obtenido por los propietarios de fragmentos de bosque.....	78
Figura17. Tipo de apoyo brindado a los propietarios de fragmentos de bosque .....	79
Figura18. Sugerencias de los propietarios de los fragmentos de bosque .....	79
Figura 19. Nivel de conocimiento y disponibilidad para trabajar con SAF .....	80

## INDICE DE ANEXOS

	<b>Página</b>
Anexo 1. Glosario.....	93
Anexo 2 Áreas protegidas de Nicaragua .....	94
Anexo 3. Mapa forestal .....	95
Anexo 4. Encuesta .....	96
Anexo 5. Lista de cotejo .....	98
Anexo 6. Fragmentos de bosque estudiados.....	99
Anexo 7. Índice de valor de importancia de las especies .....	100



## **DEDICATORIA**

A todos los hombres y mujeres de Nicaragua  
que han consagrado su vida al estudio y protección de la Naturaleza.

## **AGRADECIMIENTOS**

Deseo expresar un profundo agradecimiento a las siguientes instituciones y personas:

Proyecto TWINLATIN por aportar los fondos necesarios para este trabajo de investigación.

Universidad Católica Agropecuaria del Trópico Seco de Estelí (UCATSE) por el apoyo brindado, muy especialmente a la MSc. Lilliam de Jesús Lezama G.

M.Sc. Lúa Toruño Coordinadora del Programa de Maestría en Ciencias Ambientales del CIEMA-UNI. Que durante mis estudios de maestría estuvo siempre muy atenta facilitando el proceso, que culminaría con la presente investigación.

M.Sc. Sagrario Espinal secretaria académica del Programa de Maestría en Ciencias Ambientales del CIEMA-UNI. Que durante mis estudios maestría estuvo siempre muy atenta facilitando el proceso, que culminaría con la presente investigación.

M.Sc. Alfredo Grijalva, Director del Herbario Nacional de la Universidad Centroamericana UCA-Nicaragua, por su colaboración en la identificación de los especímenes colectados.

M.Sc. Flavia Andino Rugama, por sus valiosas y oportunas observaciones, las cuales han sido retomadas en este trabajo de investigación.

En especial agradezco a mi tutor, M.Sc. Sergio Gámez, Director del CIEMA-UNI, por haber apoyado este proceso de investigación de forma muy comprometida y de manera incondicional.

6.4. Análisis de la estructura .....	61
6.5. Potencial de almacenamiento de carbono .....	68
6.6. Composición florística .....	70
6.7. Valor de importancia ecológica de las especies en cada fragmento .....	71
6.8 Uso y manejo de los fragmentos de bosque.....	72
VII. Conclusiones .....	85
VIII. Recomendaciones.....	87
IX. Bibliografía .....	89
IX. Anexos .....	92

## RESUMEN

El estudio fue realizado en la zona Este del Lago Cocibolca, ubicada entre 84° 30' y 85° 30' de longitud Oeste y entre los 11° y 12 ° de latitud Norte. La finalidad fue identificar áreas remanentes de bosque, que por sus características y el estado ecológico en que se encuentran, tienen alto potencial para el mantenimiento de la calidad ambiental. Describir la diversidad de árboles y arbustos de los fragmentos de bosque; Estimar el carbono almacenado en las áreas remanentes; Conocer el uso y manejo que los propietarios le dan al bosque, la percepción que ellos tienen de estas áreas remanentes de bosque y sus perspectivas para el futuro.

La metodología utilizada consistió en seleccionar 6 fragmentos de vegetación. Dentro de cada fragmento seleccionado se identificó la parte más representativa de la vegetación, y aquí fue establecida una parcela temporal de medición rectangular con un tamaño de 10,000m<sup>2</sup> (en promedio 27% del área cada fragmento), cada parcela fue dividida en 10 sub parcelas de 1000 m<sup>2</sup> (en promedio 8.2% del área del área de cada fragmento), de las cuales se tomaron tres al azar.

Fue tomada información del nombre de la especie y el Diámetro medido a la altura del pecho (DAP) para todos los individuos > a 2.5 cm de DAP (Diámetro a la altura del pecho: 1.30m). Al 100% de los propietarios de los fragmentos de bosque estudiados, se les aplicó una encuesta para obtener información relevante sobre el manejo del bosque. Las variables estudiadas fueron: Especies arbóreas, DAP, carbono y el uso y manejo del bosque. La información fue analizada comparando diversidad de especies entre los tipos de vegetación usando estimadores Chao1, ACE e ICE. Fueron estimados los índices de diversidad de Simpson, y Shannon, el grado de similitud entre bosques, y el carbono almacenado.

Los tres estimadores coinciden en que el fragmento 1 es el menos diverso, presentando únicamente 13 familias, 14 géneros y 18 especies. Los índices de diversidad Alfa, Simpson y Shannon coinciden en que el fragmento 3 es el más diversos presentando 21 familias, 25 géneros y 30 especies. En cuanto a la diversidad beta los fragmentos 1 y 2, son los más similares. Existen dos grupos principales, el primero conformado por los fragmentos de bosque 1, 2, 3,4 y 5, el segundo únicamente por el fragmento 6. En cuanto a la estructura el fragmento 3 presenta la mayor densidad, estimando que existen 550 individuos/ha, en segundo lugar el fragmento 4, con una densidad de 450 individuos/ha.

El menor número de individuos, lo presenta el fragmento 5 estimándose para este 200 individuos/ha. En cuanto al carbono almacenado, los fragmentos 1 y 3, presentan el mayor potencial, fijando hasta 30 Mg de C/ ha. Únicamente los propietarios de los fragmentos 2, 3, 4 y 5 tienen la visión de conservación, y a futuro únicamente los productores de los fragmentos 2, 3 y 6 mantienen su visión de conservación. Todos los propietarios expresaron que las áreas de bosque proporcionan diversos servicios ambientales. Existen seis fragmentos de bosque representativos (de 2-32 ha); todos los índices de biodiversidad sugieren, que la mayoría de estos fragmentos albergan una importante diversidad de especies de árboles y arbustos lo que justifica diseñar e implementar un programa de manejo y conservación.

## ABSTRACT

The study was conducted in the Eastern part of Lake Nicaragua, located between 84 ° 30' and 85 ° 30' West longitude and between 11° and 12° North latitude. The purpose was to identify remaining areas of forest, which by its nature and ecological status in which they are, have high potential for the maintenance of environmental quality. Describe the diversity of trees and shrubs of the forest fragments; estimate the carbon stored in the remaining areas, know the use and management that give the forest owners, the perception they have of these remaining areas of forest and its prospects for the future.

The methodology used was to select fragments of vegetation. Within each selected fragment was identified the most representative of the vegetation, and here was established a rectangular temporal plot with a size of 10,000 m<sup>2</sup> (average 27% of the area each fragment), each plot was divided into 10 sub plots 1000 m<sup>2</sup> (average 8.2% of the area of area of each fragment), of which three were taken at random. Information was taken about the species name and diameter measured at breast height (DBH) for all individuals > 2.5 cm DBH (diameter at breast height: 1.30m). 100% of the owners of the forest fragments studied were administered a survey to obtain relevant information on forest management.

The variables studied were: tree species, (DBH), carbon stored and the use and forest management. The data was analyzed by comparing species diversity between vegetation types using estimators Chao1, ACE and ICE. Rates were estimated Simpson diversity and Shannon, the degree of similarity between forests, and stored carbon.

The three estimators agree that a fragment is less diverse, presenting only 13 families, 14 genus and 18 species. Alpha diversity indices, Simpson and Shannon agree that the fragment 3 is the most diverse group of 21 families, 25 gender and 30 species. As for beta diversity fragments 1 and 2 are most similar. There are two main groups, the first consisting of forest fragments 1,2,3,4, and 5, the second only by the fragment 6. As the fragment structure 3 has the highest density, estimating that there are 550 individuals/ha, in second place fragment 4 with a density of 450 individuals/ha.

The lowest number of individuals, corresponds to fragment 5, this has 200 individuals/ ha. As for stored carbon, fragments 1 and 3, the greatest potential, setting up to 30 Mg C / ha. Only owners of the fragments 2, 3, 4 and 5 have the vision of conservation, to the future only the producers of the fragments 2, 3 and 6 maintain their vision of conservation. All owners stated that the forest areas provide various environmental services. There are six representative forest fragments (of 2-32 ha), all indices of biodiversity suggest that most of these fragments are home to a diversity of species of trees and shrubs which justifies design and implement a program management and conservation.

## I. INTRODUCCION

Localizado al Sur Oeste del país, el Lago de Nicaragua (Lago Cocibolca), es el lago más grande de América Central, con un área de 8,250 Km<sup>2</sup> está situado a 24 Km del Océano Pacífico y drena en el mar Caribe, en San Juan del Norte a través del Río San Juan. Es un subsistema del Sistema de la gran Cuenca del Río San Juan. (MADESO (2004).

Este subsistema (Lago Cocibolca) es un complejo de ecosistemas acuáticos léntico y lótico y ecosistemas terrestres tales como bosques y humedales. Según Smith & Smith, 2000, el término léntico se refiere a aguas corrientes, mientras que el término lótico se refiere a aguas quietas.

Según MADESO (2004), cerca de 45 ríos drenan al lago de Nicaragua. La mayoría de estos ríos tienen caudal, solo en la época lluviosa, sin embargo, durante la estación seca muchos dejan de fluir, es decir no son corrientes permanentes. El área total de drenaje de la cuenca es de 17,300 Km<sup>2</sup>. Debido a su alta importancia en términos de disponibilidad de agua para obtención de agua potable, y debido a la presencia de múltiples grupos de usuarios, la cuenca del lago necesita con urgencia un programa de conservación de los recursos de agua para asegurar agua potable de buena calidad, así como la sostenibilidad de otros usos.

Ballesteros (2004) afirma que la degradación de los ecosistemas y la deforestación en las sub cuencas del Lago Cocibolca, han modificado e incrementado los procesos de sedimentación. Las poblaciones humanas que habitan en esta área ejercen una fuerte presión sobre los recursos naturales, especialmente el suelo, el agua, los bosques y la fauna, y justamente porque es su único medio de subsistencia.

Un recorrido rápido de campo en la zona de estudio evidenció una fuerte fragmentación, y puede visualizarse una gran cantidad de pequeños parches de vegetación casi siempre menores a una hectárea.

En este contexto, fue reconocida la necesidad de investigar si aún existen áreas de bosques con tamaños a dos hectáreas, identificarlas y conocer el estado ecológico en el que se

encuentran, para proponer el manejo más adecuado que permita conservar y restaurar estas coberturas forestales indispensables para una mejora ambiental del Lago Cocibolca

Por tanto, el presente trabajo de investigación, precisamente tiene como finalidad proporcionar información técnica y científica sobre las áreas remanentes de bosques, de manera que sirva de base para cualquier proyecto de restauración ecológica tendiente a la mejora ambiental y funcional del Subsistema de cuenca Lago Cocibolca.

## II. OBJETIVOS

### Objetivo general

Localizar fragmentos de bosque remanente en la parte Este del Lago Cocibolca, realizando observaciones y mediciones que permitan la descripción de sus características, el estado ecológico en que se encuentran, determinando así su potencial para prestar servicios ambientales y por tanto prioritarios *para la conservación y manejo*.

### Objetivos específicos

Identificar la existencia de áreas remanentes de bosque, en la parte Este del Lago Cocibolca, mayores de 2 ha.

Describir la diversidad y estructura de *la vegetación en* fragmentos representativos del bosque remanente, que brinden información para la factibilidad de su manejo y conservación.

Estimar la biomasa aérea de árboles y arbustos y la capacidad de almacenamiento de carbono como una forma de medición de su productividad y el potencial de integración del servicio ambiental de captura de carbono en un proyecto de conservación.

Identificación *in situ*, del el uso y manejo que los propietarios le dan al bosque, la percepción que ellos tienen de sus áreas remanentes y sus perspectivas para el futuro.



### **III. MARCO TEÓRICO**

#### **3.1. Ecosistemas y sociedad**

Según González (2006) los servicios ecosistémicos son las condiciones y los procesos por medio de los cuales los ecosistemas naturales y las especies que lo forman sostienen y satisfacen la vida humana. Cada grupo cultural aprovecha de manera directa e indirecta la gama de funciones ecológicas presentes en su entorno natural.

Los elementos naturales que conforman a un ecosistema, así como las interacciones que ocurren entre estos procesos ecológicos, constituyen un factor determinante en la formación y establecimiento de cualquier sociedad humana. Las relaciones que existen entre los servicios prestados por los ecosistemas y la sociedad generan componentes de bienestar humano que incluyen aspectos de seguridad, salud, relaciones interpersonales, estabilidad social, y materiales esenciales para una vida digna (González, 2006).

Uno de los ecosistemas que más servicios presta a la sociedad son los bosques naturales, los que según Guariguata & Kattan (2003) son importantes sumideros de carbono, y reguladores del ciclo hidrológico. Además, entre los principales servicios ambientales que prestan los bosques a la humanidad se encuentran el almacenamiento de nutrientes en la biomasa viva, protegiéndolos de la lixiviación y la pérdida por erosión (Smith & Smith, 2001).

#### **3.2. Los bosques y su función protectora de los cuerpos de agua**

Existe una relación íntima entre los ecosistemas terrestres y los acuáticos. El agua que cae sobre la tierra discurre a través de la superficie o se infiltra alimentando a los ríos, fuentes y finalmente a los lagos, arrastrando con ella aluviones y nutrientes en solución. A medida que se incrementa la adición de nutrientes a los lagos estos comienzan a evolucionar desde oligotróficos a mesotróficos y finalmente a eutróficos (Smith & Smith, 2001).

Según un estudio realizado por MADES0 (2004), se presentan problemas de inundaciones y erosión como consecuencia de la deforestación, y pérdida de estabilidad de los suelos por

sobre uso en las cuencas de los ríos Malacatoya, Tecolostote, Mayales y Acoyapa. La erosión hídrica en las faldas de la Sierra Amerrisque también ha incrementado el arrastre de sedimentos hacia el lago. La erosión hídrica es la pérdida del suelo, debido al arrastre que provoca el agua de lluvia cuando cae sobre la superficie. La cantidad de suelo arrastrado aumenta a medida que existe menos cobertura vegetal, especialmente en suelos de textura arcillosa.

De acuerdo a Smith & Smith (2001), los lagos son sistemas acuáticos fuertemente influidos por los aportes de materiales procedentes de los ecosistemas terrestres circundantes, desde donde los nutrientes pueden llegar por vías biológicas, geológicas, meteorológicas e hidrológicas. Por lo tanto la erosión del suelo de las cuencas hidrográficas también va depender de la textura del suelo, intensidad de lluvia, longitud de la pendiente, ángulo de la pendiente, cobertura vegetal y manejo.

### **3.3. Factores asociados a la deforestación en Nicaragua**

Las causas de la deforestación en Nicaragua son muchas, entre las principales se destacan el avance de la frontera agrícola, la inseguridad de la tenencia de la tierra, crisis del sector agrícola, uso inadecuado del suelo, manejo forestal inadecuado, deficiencias en educación ambiental y falta de coordinación (MADESO, 2004). Sobre estas causas se hablará a continuación.

#### **3.3.1. Avance de la frontera agrícola y expansión de ganadería**

El avance de la frontera agrícola ha sido identificada como la principal causa de pérdida de cobertura boscosa. La frontera agrícola consiste la eliminación de la cobertura boscosa para cultivar la tierra. Después de la roza y quema los agricultores cultivan la tierra por dos o tres veces antes de agotar la fertilidad de los suelos. Una vez que los suelos son infértiles, el productor se ve obligado a limpiar nuevas tierras y vender para la actividad ganadera. La frontera agrícola está siendo impulsada constantemente hacia el Este de Nicaragua, por dos factores principales: la expansión de la ganadería que continúa siendo la actividad más rentable y la insostenibilidad del sistema agrícola de roza y quema (MADESO, 2004).

De acuerdo a MARENA (2004), se estima que en los últimos diecisiete años Nicaragua perdió 2, 047,400 hectáreas de bosque que corresponde al 27% el bosque que tenía. Esto representa una tasa anual de conversión de uso del suelo del 1.6%. La actividad silvícola durante el periodo 2000-2003, creció en promedio 3.2%, impulsada por la extracción de madera preciosa, que mostró un aumento de volumen del 9% en este periodo de referencia. En 2002 se explotaron un total de 70 diferentes especies y fueron cortados 18,578 árboles con un volumen de 70,172.31m<sup>3</sup>.

Este aumento fue debido a la demanda de madera por la industria de construcción nacional y parte a la demanda de exportación de los mercados internacionales.

### **3.3.2. Dependencia de leña para consumo energético**

En Nicaragua como en otros países tropicales, la leña es el principal uso asignado al bosque y corresponde al 53% de la energía utilizada. El consumo total de leña se estima en 1.9 toneladas/año incluyendo al sector urbano y rural. Esto significa un consumo per cápita de 1.4 kg de leña/día (PROLEÑA, 2004).

Según MARENA (2004), el mayor potencial productivo de bosques nativos para fines energéticos se localiza especialmente en la Región Central, mientras que la mayor demanda se encuentra en la Región Pacífica, lo que plantea un acentuado desequilibrio espacial entre la oferta y la demanda. Según la base de datos del MARENA (2004), en el año 2002, fueron entregados 1,120 permisos para la extracción de leña que equivalen a 12, 978.99 toneladas métricas. Los departamentos en donde se autorizó el mayor volumen son Matagalpa y Chontales.

### **3.3.3. Explotación forestal irracional**

Sabogal, *et al.* (2001), afirma que en el sureste de Nicaragua, los bosques se han venido aprovechando selectivamente en forma tradicional desde hace más de medio siglo. A partir de 1983 la extracción de madera se intensificó especialmente con la entrada de COREXSA empresa forestal con capacidad instalada de 24,000 m<sup>3</sup>. Mientras funcionó abasteció de

materia prima a la Plywood de Nicaragua (PLYNIC), y a algunos aserraderos de Río San Juan, Masaya y Granada.

A diferencia de la gran mayoría de empresas de extracción maderera que simultáneamente operaban en la zona, COREXSA, fue la única que incluyó algunos aspectos básicos de planificación como los inventarios operacionales, aunque en la práctica la información de campo fue poco utilizada y se descuidaron aspectos como la capacitación de operadores y el cumplimiento de medidas efectivas para reducir el impacto de las operaciones forestales sobre el bosque. Por razones administrativas y la presión de grupos ambientalistas y del propio sector gubernamental, COREXSA, tuvo que abandonar el área a fines de 1992.

#### **3.3.4. Tenencia de la tierra**

Uno de los factores que más han afectado el desarrollo agrícola del país y consecuentemente el estado actual del recurso forestal ha sido la tenencia de la tierra. La propiedad de la tierra es uno de los mayores problemas del sector agrícola y forestal. Según investigaciones realizadas el 75% de las tierras en Nicaragua enfrentan problemas de titulación. Esto afecta el desarrollo de un manejo forestal sostenible y aún más el establecimiento de nuevas plantaciones forestales (FRA/CATIE, 2000).

En el sector rural nicaragüense, la inseguridad sobre la tenencia de la tierra y los conflictos por la propiedad constituyen uno de los principales elementos de vulnerabilidad. Sus antecedentes se remontan a varias décadas atrás pero su complejidad permanece. Las demoras en la formalización de títulos de propiedad aún persisten. Ante la falta de formalidad jurídica en la tenencia de tierras, se hace más difícil el acceso al financiamiento, se reduce la posibilidad de inversión y el acceso a servicios comunes, demorando así el desarrollo de las unidades rurales de producción (Berrios, 2002).

Normalmente un productor que es propietario de la tierra, apuesta a la conservación de al menos un área de bosque en su finca. Sin embargo, generalmente los productores que únicamente son usuarios de la tierra, sin poseer un título que los acredite como dueños, poco se interesan por los temas de conservación y por proyectos que demanden inversión a largo plazo, tales como la reforestación, la conservación de flora y fauna, el uso adecuado

del suelo, los cuales son aspectos esenciales para poder aspirar a sistemas actuales en los que el productor debe comprometerse a la conservación y recibir a cambio ciertos beneficios.

Por ejemplo Pagiola, et al (2006) expresa que bajo un programa de pago por servicios ambientales (PSA), los participantes deben presentar un plan de manejo forestal sustentable certificado por un técnico forestal autorizado. El plan de manejo incluye, además de información acerca del uso de suelo propuesto, datos sobre la tenencia de la tierra y el acceso físico a la misma; una descripción de la topografía, suelos, clima, drenaje, uso de suelo actual y la capacidad de carga respecto al uso del suelo; planes para la prevención de incendios forestales, cacería furtiva y explotación ilícita.

En algunos contratos, para optar a beneficios por pago de servicios ambientales, los usuarios de la tierra deben comprometerse a mantener el uso del suelo acordado por otros diez o quince años, compromiso que queda registrado junto con las escrituras de la propiedad para que las obligaciones contractuales se traspasen a los siguientes propietarios por el tiempo que dure el contrato (Pagiola *et al.*, 2006).

### **3.3.5. Los incendios forestales**

En Nicaragua el fuego es utilizado como una herramienta para el aprovechamiento agropecuario, que incluye prácticas como el despale, deshierbe, preparación de la siembra, rejuvenecimiento de pastos, e inclusive la reducción del riesgo de incendios. En un estudio realizado por MARENA (2004), se estima que 628, 047 ha de bosques habían sido afectadas por incendios.

De acuerdo a Guariguata & Kattan (2002), con frecuencia se subestima el efecto que tienen los incendios, sin embargo, existe suficiente evidencia que sugiere que los incendios han sido un proceso ambiental importante a través del tiempo en el bosque húmedo y lluvioso neotropical.

Al respecto, se menciona que los incendios forestales forman grandes claros dentro del bosque. Según CATIE (2001) entre los factores más importantes que influyen en la

composición florística del bosque, están el tamaño y la frecuencia de los claros. El establecimiento de un árbol de especies pioneras, generalmente sucede cuando un claro permite la entrada de suficiente energía lumínica, para que las semillas latentes en el suelo germinen y se establezcan. Este proceso conllevaría a la degradación del bosque original, extinción de especies forestales y sustitución de las especies originales por una sucesión secundaria conformada por especies pioneras.

### **3.3.6. La sequía**

La sequía es considerada como un desastre natural, originado por la deficiencia en el régimen de la precipitación en un período extendido de tiempo, y afecta a las poblaciones de seres humanos, plantas y animales.

En Nicaragua los períodos de sequía están altamente relacionados con la aparición del fenómeno El Niño (INETER, 2009). El comportamiento anómalo del régimen de precipitación, abarca también el Pacífico Central y Sur, hasta llegar a la cordillera Chontaleña en la Región Central (parte de la zona del presente estudio).

Según el INETER (2009), en un reporte climatológico para los primeros dos meses del año 2009, manifiesta que en toda la región central, la mayoría de las estaciones registraron acumulados de precipitación inferiores a la norma histórica. En este mismo reporte climatológico, el INETER (2009) manifiesta que en la Región Central, las temperaturas medias, oscilaron entre 26.2°C, en Juigalpa, con una anomalía positiva de + 0.6°C (Norma histórica: 25.6°C) y 23.4°C en Muy Muy, con respecto a una anomalía positiva de +0.6°C, (Norma histórica: 22.8°C). San Carlos registró 24.4°C de temperatura media, con una anomalía positiva de + 0.1°C (Norma Histórica: 24.5°C).

El comportamiento variable del clima manifestado en periodos largos de sequía, tal como lo expresa Guariguata & Kattan (2002), influye en la abundancia poblacional, correlacionándose directamente con una alta mortalidad de árboles. Además, según este mismo autor, las sequías están asociadas a los incendios forestales.

### **3.3.7. Desastres naturales**

El territorio nicaragüense se ubica en una zona susceptible de ser azotada por huracanes y tormentas tropicales (FRA/CATIE, 2000). Según Hinostroza & Laursen (2008), no hay más dudas sobre el estrés que el cambio climático impondrá a varias dimensiones del desarrollo económico como la capacidad productiva, la seguridad alimentaria, la salud, la educación.

Para el caso de Nicaragua, los fenómenos más desastrosos que han afectado al país han sido la tormenta tropical Alleta (1982), los huracanes Gilbert y Joan (1988), el huracán Mitch (1998) y el reciente huracán Félix (2007). Por esta propensión natural del país a los desastres, Nicaragua ha sido clasificada como país "en permanente emergencia." Otros factores de escalas interanuales como los eventos de El Niño y la Niña, hacen que los fenómenos climáticos alcancen niveles extremos, produciendo desastres y afectando las actividades productivas, los asentamientos humanos y los recursos naturales (Hinostroza & Laursen, 2008).

El huracán "Félix" el 4 de septiembre de 2007 afectó 1.300.000 hectáreas de bosques en el Caribe Norte de Nicaragua y tumbó 10.000.000 metros cúbicos de madera. Según Guariguata & Kattan (2002) la defoliación que produce un huracán, así como la violenta tasa de transferencia de materia orgánica hacia el suelo, por la caída de hojas, pueden alterar súbitamente los procesos de reciclaje de nutrientes.

Un huracán también puede alterar la estructura y la composición del bosque, y generan cambios que pueden ser detectados incluso décadas después. A escala de árbol individual, la gravedad del daño se relaciona con la especie, la morfología del árbol, su edad y tamaño. En general, las maderas de bajo peso específico son más susceptibles a la rotura que aquellas de maderas más duras (Guariguata & Kattan, 2002).

Dentro de los desastres naturales también se incluye las enfermedades que pueden afectar al bosque. De acuerdo a Guariguata & Kattan (2002), los microorganismos desempeñan un papel fundamental en muchos procesos ecológicos que tienen lugar en los bosques tropicales, ellos pueden favorecer el mantenimiento de la diversidad de especies de una

comunidad y la heterogeneidad de hábitats para la vida silvestre, sin embargo, la intervención humana propicia la aparición de enfermedades epidémicas que resultan devastadoras.

La actividad maderera por ejemplo, puede dañar físicamente el tronco de los árboles remanentes, abriendo posibles puntos de entrada para los patógenos. Lo mismo se puede decir de la fragmentación del bosque al provocar cambios microclimáticos que pueden propiciar el desarrollo de enfermedades.

### **3.4. Legislación forestal**

La constitución de Nicaragua garantiza la conservación del ambiente natural. Declara que los recursos naturales forman parte del patrimonio nacional y que el Estado es el responsable por su conservación y la regulación de su uso para propósitos privados. Existen leyes y reglamentos que se refieren explícitamente a los recursos forestales y su conservación. Todo esto se presenta como un cuerpo legal incoherente, incompleto, a veces contradictorio y con un espíritu conservacionista que no ha promovido las actividades de producción forestal y tampoco ha contribuido a frenar el avance de la frontera agrícola.

Lo anterior confirma que no bastan leyes para frenar el problema si no se atacan las verdaderas causas. Una de las mayores debilidades de la legislación vigente es la dualidad de la tenencia de la tierra y bosque, definiendo todo el bosque natural como propiedad del estado independientemente de quien sea el dueño de la tierra. Si este problema no es resuelto no se promoverá el interés de invertir en el manejo del bosque natural (FRA/CATIE, 2000).

*La ley general del medio Ambiente y los Recursos Naturales, ley 217, en su artículo 54 establece que los Recursos Naturales son patrimonio nacional, su dominio, uso y aprovechamiento serán regulados por lo que establezca la presente ley y sus respectivos reglamentos. El estado podrá otorgar derecho a aprovechar los Recursos Naturales, por concesión, permisos, licencias y cuotas.*



*Las tierras definidas como forestales o de vocación forestal deberán explotarse con base sostenible y no podrán ser sometidas a cambios de uso (Ley general del medio Ambiente y los Recursos Naturales, Artículo 98).*

*El propietario de tierras con recursos forestales, o quien ejerza los legítimos derechos sobre los recursos, será responsable, en primera instancia de los actos o consecuencias que se deriven del incumplimiento de las normas técnicas y disposiciones administrativas forestales relacionadas con el manejo del recurso forestal (Ley 462, artículo 13. Ley de conservación, fomento y desarrollo sostenible del sector forestal).*

*El aprovechamiento forestal en fincas con sistemas productivo agrosilvopastoriles, respecto a áreas de bosques naturales que sean menores de 10 hectáreas, se realizará atendiendo la correspondiente guía metodológica autorizada por el INAFOR (Reglamento de la ley 462. Artículo 45).*

En el 2001, el decreto No.50-2001 aprobó una nueva política forestal: La política de Desarrollo forestal de Nicaragua. En el artículo 2, identifica los “principios rectores de la Política de Desarrollo Forestal”, entre ellos la reducción de la pobreza, la promoción de la equidad social y de género, así como la inclusión de los gobiernos municipales y la población. El inciso “g” establece que la participación ciudadana constituye el eje fundamental en el diseño e implementación de la gestión ambiental. Pero después de esta parte introductoria, no hay mucha referencia a estos temas.

La Ley de Conservación, Fomento y Desarrollo sostenible del Sector Forestal (No.462), conocida como la Ley forestal, fue aprobada con su reglamento (Decreto 73-2003) a finales del 2003. Entre sus primeras consideraciones menciona la importancia “de la participación de todos los involucrados en la ejecución de la actividad forestal” y expresa que el marco jurídico debe ser un instrumento de conservación, fomento y desarrollo sostenible del recursos forestal”.

Así mismo, destaca la importancia de mejorar el nivel de vida de la población mediante la gestión forestal y la participación de los gobiernos regionales y municipales y de la población en la conservación del recurso, “asegurando los múltiples beneficios en bienes y

servicios producidos por nuestros bosques”. Pero fuera de estas primeras declaraciones, la ley y su reglamento minimizan el papel de los gobiernos locales, la participación de la población y los pequeños productores y presentan un enfoque meramente productivo, con énfasis en la madera y los productores empresariales.

En cambio, la Ley de Municipios les otorga a los gobiernos municipales una responsabilidad amplia sobre el desarrollo y los recursos naturales en su jurisdicción. Dicha ley fue aprobada como Ley 40 en 1998. A esta ley fueron incorporadas importantes reformas y desde entonces es conocida como leyes 40 y 261. En términos generales, esta ley establece que *“los gobiernos municipales tienen competencia en todas las materias que incidan en el desarrollo socioeconómico y en la conservación del ambiente y los recursos naturales de su circunscripción territorial”* (Art. 6, Leyes 40 y 261).

Ellos tienen la competencia de *“desarrollar, conservar y controlar el uso racional del medio ambiente y los recursos naturales como base del desarrollo sostenible del municipio y del país, fomentando iniciativas locales en estas áreas y contribuyendo a su monitoreo, vigilancia y control, en coordinación con los entes nacionales correspondientes”* (art.7 y 8). La participación ciudadana es parte esencial del funcionamiento de los municipios. El primer artículo establece que el municipio *“se organiza y funciona con la participación ciudadana”* e identifica como elementos esenciales *“el territorio, la población y su gobierno”* (art.1). Estas estipulaciones fueron en gran parte ignoradas en la Ley forestal.

En el año 2006, fue aprobada por la asamblea Nacional la “Ley de veda forestal, para el corte, aprovechamiento y comercialización del recurso forestal” (Ley 585) expresa que *“La protección de los recursos naturales del país es objeto de seguridad nacional, así como la más alta responsabilidad y prioridad del estado. Dentro de ese espíritu se establece a partir de la entrada en vigencia de la ley una veda de 10 años para el corte, aprovechamiento y comercialización de arboles de las especies de caoba, cedro, pochote, pino, mangle y ceiba, en todo el territorio nacional, que podrá ser renovable por periodos similares o mayores”*.

La ley de veda forestal continúa en vigencia. En el artículo 15 menciona que con relación a las especies forestales y periodo de veda, e presidente de la república mediante decreto

ejecutivo, atendiendo a circunstancias especiales e incidencia de factores técnicos, ambientales y socioeconómicos, podrá modificar las restricciones y limitantes referidas, teniendo como soporte los estudios y recomendaciones técnicas y administrativas presentadas por el INAFOR con la aprobación de CONAFOR.

Un estudio realizado por Larson (2006) concluye que la actual ley forestal no fomenta el desarrollo de las empresas comunitarias, no fortalece las organizaciones agroforestales, no reconoce árboles en fincas y no facilita el acceso de los más necesitados a los beneficios de los recursos. La ley, su reglamento y la visión de desarrollo del gobierno que creó dicha ley forestal ve en los grupos marginados solamente proveedores de mano de obra y materia prima barata para los que tienen el capital.

Las debilidades en las leyes antes mencionadas se constituyen en una de las mayores limitantes para que los productores aprovechen las potencialidades de sus áreas de bosques para el ecoturismo.

De acuerdo a MARENA (2004), el sector turismo constituye uno de los sectores de la actividad económica de más rápido crecimiento en el país. El turismo tiene evidentes connotaciones sociales, culturales y ambientales, tanto para los turistas, como para los pueblos y comunidades que los acogen. Las relaciones entre turismo y medio ambiente son muy estrechas. Las tendencias actuales de la demanda turística se orientan hacia un turismo basado en la naturaleza, y como tal, el turismo en Nicaragua, puede contribuir de manera importante a la conservación del patrimonio natural.

### **3.5. La deforestación y la pérdida de especies**

La forma más destructiva de deforestación es la llamada limpieza total, práctica común cuando se trata de abrirle paso a la agricultura y a la ganadería. En algunos casos, si el sitio es abandonado, la recuperación florística y estructural del bosque es posible. Lo grave de este tipo de deforestación es que suprime a todos los árboles de una sola vez, y éste es tal vez el mecanismo que más claramente muestra los devastadores efectos de la deforestación

en la diversidad. Las especies más afectadas son precisamente las menos abundantes por unidad de área (Guariguata & Kattan, 2003).

La tasa de deforestación en Nicaragua es de más de 150.000 ha por año. La fragmentación, reduce el tamaño de las poblaciones de fauna y la composición de la comunidad, lo que influye negativamente en la diversidad de plantas del bosque, ya que se reduce la dispersión de semillas y polinización de las flores. Por otro lado, de acuerdo a Guariguata & Kattan (2003), la fragmentación puede tener un efecto negativo sobre el sistema al generar cambios en las poblaciones de invertebrados tales como mariposas, abejas y otros insectos que realizan una importante labor de polinización.

A nivel general no está claro qué es lo que mantiene una alta diversidad en bosques tropicales húmedos, no obstante, la hipótesis desarrollada por Daniel Janzen (1971) es la más aceptada actualmente y manifiesta que los enemigos naturales que tenga una especie arbórea son en gran parte responsables de que los bosques tropicales sean tan diversos, pues cada árbol en estado reproductivo se encuentra rodeado por un área, considerada como crítica, en la cual las probabilidades de reproducción son muy bajas, por lo que el individuo arbóreo tendrá pocas probabilidades de reclutar juveniles de su misma especie en sus cercanías, se abre un espacio para el establecimiento de individuos de otras especies (Janzen, 1970).

De acuerdo a Guariguata & Kattan (2003), entre más grande es el área, existe un mayor número de especies, y en los fragmentos hay un equilibrio entre la tasa de extinción y la tasa de colonización y eso define la diversidad de un lugar. Las áreas pequeñas son susceptibles a ser afectadas por un desastre natural que pueda abarcar toda el área y desaparezcan todas las especies. También puede darse la endogamia cuando existen menos de 50 especies.

Otro punto importante de señalar es que, una vez que un área ha sido deforestada para ejercer actividad agrícola y pecuaria, los productores, si se da el caso que reforestan, lo hacen generalmente con especies exóticas, promoviendo aun más la extinción de las especies locales.

Al respecto, MARENA (2004) expresa que existe preferencia por la utilización de los sistemas agroforestales, los cuales permiten una mayor versatilidad en las combinaciones que se pueden realizar tanto en espacio como en tiempo, cualidades que son muy apreciadas por los productores. Las especies que mayormente han sido plantadas son), *Gmelina arborea* (L.) Roxb; *Leucaena leucocephala* (Rose) S Zárate, *Eucalyptus camaldulensis*, *Gliricidia sepium* L, *Moringa oleífera* Lam, *Tectona grandis* L.f, varias de estas especies son exóticas, promoviendo así su uso, e incidiendo en que no se planten las especies del bosque húmedo tropical.

Pero el avance de la frontera agrícola no lleva únicamente a la fragmentación, sino que también ha significado la conversión de bosque a tierras degradadas porque no tienen potencial de uso agropecuario. De acuerdo a MARENA (2004), en su segundo informe titulado estado del ambiente en Nicaragua, la tasa de deforestación actual presenta un escenario pesimista, en el cual, de no implementarse cambios institucionales y aplicación de medidas restrictivas y de control del recurso forestal, Nicaragua estaría perdiendo en otros 20 años, aproximadamente 18,000 km<sup>2</sup> de bosques.

### **3.6. La conservación de los ecosistemas**

La ecología de paisajes provee herramientas para comprender como se distribuyen en el espacio y el tiempo la diversidad de ecosistemas y especies. Es por ello, que el inventario y monitoreo a nivel de paisaje es importante. Los cambios en la fragmentación y agregación de hábitats en el paisaje pueden afectar los patrones de abundancia de una especie o de una comunidad completa.

Una disminución en el tamaño y número de los parches de ecosistemas naturales aumenta la probabilidad de ocurrencia de extinciones locales, mientras que una disminución en la conectividad puede afectar negativamente la persistencia de una especie en la región. Por eso, existe una justificación empírica para manejar paisajes completos con el fin de asegurar el mantenimiento de la biodiversidad, y no solamente hábitats o ecosistemas aislados (MARN, 2006).

Cuando la tierra se ha utilizado con una intensidad baja o moderada, y cuando las fuentes de semilla se encuentran próximas, la riqueza de especies leñosas se recupera en forma muy rápida. En tan sólo unas cuantas décadas ya se observan valores similares a los de un bosque primario. Sin embargo, conforme aumenta la intensidad con que se ha utilizado un terreno, por ejemplo un pastizal ganadero, cabe esperar que la riqueza de especies se recupere más lentamente, por la compactación del suelo, las limitaciones espaciales que enfrenta la dispersión de propágulos y las posibilidades de que se suscite y se propague un incendio (Guariguata & Kattan, 2002).

La sucesión secundaria se define como aquel proceso mediante el cual la vegetación leñosa vuelve a crecer en un sitio deforestado. De hecho, muchos bosques primarios son el producto de una serie de sucesiones secundarias centenarias que tuvieron lugar luego del abandono de los campos agrícolas. No obstante, según Guariguata & Kattan (2002), la proximidad de un parche o remanente de vegetación boscosa es un factor decisivo en el proceso de colonización inicial. En áreas sujetas a una intensa deforestación, la restricción espacial que enfrenta la diseminación de semillas constituye una barrera para la sucesión.

### **3.7. Áreas protegidas de Nicaragua**

En la actualidad, el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP), está integrado por 76 Áreas Protegidas legalmente establecidas con una superficie de 2, 242,193 hectáreas, las cuales representan el 18.20 % del territorio nacional (Anexo 2). Las áreas protegidas que conforman el SINAP presentan una extensión muy variable, desde áreas muy pequeñas, de menos de 100 hectáreas, hasta áreas de más de 500,000 hectáreas. Las áreas protegidas han sido legalizadas por medio de decretos ejecutivos, y varían en categorías de manejo desde parques nacionales, refugio de vida silvestre, y la mayoría de ellas, que son reservas naturales (MARENA, 2004).

Según MARENA (2004), la capacidad de manejo del sistema por parte del Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales, es sumamente limitada debido a limitaciones presupuestarias y de recursos humanos. Debido a ello se impulsa la modalidad de administración de las áreas en un sistema de comanejo. Por otro lado, también se ha impulsado otra modalidad de conservación que son las reservas privadas.

En estas áreas el propietario privado somete a consideración su propiedad, y se compromete a conservarla, y recibe reconocimiento de la misma por medio de una resolución ministerial (MARENA, 2004).

Según Chavarría & Belli (2008), en la actualidad hay 43 Reservas Silvestres Privadas reconocidas por el MARENA, ubicadas en diferentes regiones ecológicas del país, cubriendo un área de 6,800 hectáreas lo que representa un 2% del total de áreas protegidas. Si bien hasta la fecha no es un área muy extensa, es de gran importancia ya que las Reservas silvestres privadas sirven de corredores entre las reservas estatales.

Sin lugar a dudas se puede afirmar que la conservación privada en Nicaragua ha dado pasos importantes, por un lado se cuenta con un marco jurídico que reconoce y ordena las iniciativas de conservación en tierras privadas lo cual nos coloca un paso adelante de otros países en la región que aún no cuentan con ese instrumento jurídico. Por otro lado, se ha avanzado en el establecimiento de un modelo de sostenibilidad que combina aspectos ambientales, sociales y económicos (Chavarría & Belli, 2008)

Un logro para los propietarios ha sido la ampliación del conocimiento científico de biodiversidad y características físicas de sus propiedades, pues les está sirviendo de base para la formulación de sus planes de manejo y para el impulso de actividades económicas principalmente de ecoturismo y producción orgánica, las cuales contribuyen a la sostenibilidad económica de las Reservas Silvestres Privadas.

Chavarría & Belli (2008), expresan que el reto para las autoridades ambientales es lograr la congruencia de las políticas gubernamentales que permitan la ampliación del área bajo conservación privada, que se fortalezca el modelo impulsado y que se amplíe el número de productores desarrollando procesos amigables con el medio ambiente.

En la actualidad, la existencia de las Reservas Silvestres Privadas representa una opción para la conservación. El reto asumido por los propietarios, que han apostado a la conservación como una alternativa para la generación de ingresos, representa un modelo a

seguir en el mejoramiento de las prácticas ligadas al uso de la tierra (Chavaría & Belli, 2008)

De acuerdo a los planteamientos anteriores, la diversidad de ecosistemas en Nicaragua es la base para un desarrollo científico, ecoturístico, y socioeconómico, pero a la vez es un desafío y reto conservar las áreas protegidas y no protegidas. Sin embargo, la nación empieza a ir tomando conciencia de lo vital que es el desarrollo sostenible y que es un esfuerzo no sólo del gobierno central sino de toda la sociedad civil.

### **3.8. Medición de la diversidad alfa**

Por diversidad de especies se entiende la variedad de especies existentes en una región. Esa diversidad puede medirse de muchas maneras, y los científicos no se han puesto de acuerdo sobre cuál es el mejor método. El número de especies de una región (su "riqueza" en especies) es una medida que a menudo se utiliza, pero una medida más precisa, la "diversidad taxonómica" tiene en cuenta la estrecha relación existente entre unas especies y otras (García, 2009).

La diversidad alfa es la riqueza de especies de una comunidad particular a la que se considera homogénea. Su expresión se logra mediante el registro de número de especies, la descripción de la abundancia relativa o mediante el uso de una medida que combine los dos componentes. La diversidad alfa, es la diversidad dentro del hábitat, mientras que la diversidad beta o diversidad entre diferentes hábitats, se define como el cambio de composición de especies a lo largo de gradientes ambientales (Melo, 2001).

Uno de los problemas ambientales que han suscitado mayor interés mundial es la pérdida de biodiversidad como consecuencia de las actividades humanas. Los medios de comunicación han impactado de tal manera que tanto el gobierno, la iniciativa privada, como la sociedad en general consideran prioritario dirigir mayores esfuerzos hacia programas de conservación. La base para un análisis objetivo de la biodiversidad y su cambio reside en su correcta evaluación y monitoreo (MARN, 2006).

La diversidad alfa se puede determinar mediante los siguientes métodos:



-Métodos basados en la cuantificación del número de especies presentes (riqueza específica)

-Métodos basados en la estructura de la comunidad, es decir, la distribución proporcional del valor de importancia de cada especie abundancia relativa de los individuos, su biomasa, cobertura, productividad, etc.).

Los métodos basados en la estructura pueden a su vez clasificarse según se basen en la dominancia o en la equidad de la comunidad.

### **3.8.1. Función de acumulación de Clench**

Es un método para medir la riqueza específica. Conceptualmente es un modelo paramétrico, es decir que parten de supuestos acerca de la población, por ejemplo: que la muestra sea aleatoria, que la probabilidad de cada clase sea la misma, que las medidas sean independientes (Escalante, 2006). Está dado por:

$$S = \frac{\text{Número de especie de especies observadas acumuladas}}{\text{Número de especies esperadas}} \times 100$$

Donde:

S= El número esperado de especies de árboles y arbustos

### **3.8.2. Estimadores de la riqueza de especies, basado en la cobertura de la muestra**

Chao & Lee (1992), desarrollaron una nueva clase de estimadores basados en el concepto estadístico de “cobertura muestral”. A grandes rasgos, si una línea que representa una comunidad es dividida en S (número de especies) segmentos, con una longitud en cada segmento representando la proporción real constituida por cada una de las S especies encontrada en la muestra completa, la cobertura de la muestra es la suma de los segmentos que pertenecen a todas las especies en la muestra.

Chao & Lee (1992) han diseñado ahora estimadores basados en cobertura tanto para datos de abundancia como de incidencia, para sobreponer este problema, que es característico de tipos de datos en los cuales algunas clases (especies, en este caso) son muy comunes y otras muy raras. Reconociendo que en tales casos, toda la información útil sobre clases no descubiertas yace en las clases raras descubiertas.

Colwell (1997) introdujo los índices ICE y ACE a la literatura ecológica en un estudio de riqueza de especies de plantas leñosas en bosques de Costa Rica.

### **3.8.2.1. Estimador de cobertura basado en la abundancia**

El estimador de cobertura basado en la abundancia, por sus siglas en inglés (ACE), se fundamenta en las especies con 10 o menos individuos en la muestra.

Como ya fue mencionado, ACE, es basado en las especies con individuos entre 1 y 10, en la muestra. La estimación de la cobertura de la muestra, es la proporción de todos los individuos en las especies raras que no son “singletons”, es decir, que al menos tienen 10 individuos. Entonces, el estimador ACE es el siguiente:

$$S_{ace} = S_{abund} + \frac{S_{rare}}{C_{ace}} + \frac{F_1}{C_{ace}} \gamma_{ace}^2$$

Donde:

$S_{ace}$  : El estimador ACE de la riqueza

$S_{abund}$ : Especies abundantes en la muestra (más de 10 individuos)

$S_{rare}$  : Especies raras en la muestra (menos de 10 individuos)

$C_{ace}$  : Es el estimador de la cobertura muestral

$\gamma_{ace}^2$  : El coeficiente de variación de la abundancia de las especies

El estimador ACE sirve para estimar la riqueza de especies en el área estudiada, es decir, estimar el número de especies presentes en la comunidad.

### **3.8.2.2. Estimador de cobertura, basado en la incidencia**

De acuerdo a Lee & Chao (1994) el estimador de cobertura basado en la incidencia, por sus siglas en inglés (ICE), se fundamenta en las especies encontradas en 10 o menos unidades muestrales. Esta predicción se basa básicamente en la tasa de cambio y en la presencia/ausencia de individuos simples (especies con un sólo individuo), dobles (representada por dos individuos), especies únicas (especies presentes en una sola parcela), especies duplicadas (especies que están presentes en dos parcelas). Entonces el estimador de la riqueza de especies ICE, es:

$$S_{ice} = S_{freq} + \frac{S_{inf}}{C_{ice}} + \frac{Q_1}{C_{ice}} \gamma_{ice}^2$$

Donde:

$S_{ice}$  : Es el estimador ICE de la riqueza

$S_{fre}$  : Especies que son frecuentes (Encontradas en mas de 10 unidades muestrales)

$S_{inf}$  : Especies que son infrecuentes (Encontradas en menos de 10 unidades muestrales)

$\gamma_{ice}^2$  : El coeficiente de variación de la frecuencia de las especies

Al igual que el índice ACE, El estimador ICE sirve para estimar la riqueza de especies en el area estudiada, es decir, estimar el numero de especies presentes en la comunidad. La diferencia entre ambos es en la información en la que se basan para hacer su estimación.

### 3.8.3. Estimador Chao1

En general, los métodos para estimar la riqueza de especies y la estructura de una población pueden dividirse en dos grupos: los métodos paramétricos y los no paramétricos. Los métodos paramétricos se llaman así porque parten de supuestos acerca de la población (por ejemplo: que la muestra sea aleatoria, que la probabilidad de cada clase sea la misma, que las medidas sean independientes), y por lo tanto requieren que los datos se distribuyan de cierta forma (por ejemplo, con una distribución normal).

El cálculo de los modelos no paramétricos es más sencillo y rápido, son más fáciles de entender y explicar, y son relativamente efectivos.

Uno de los estimadores no paramétricos de estructura más utilizados es Chao1, que es un estimador basado en la abundancia. Esto quiere decir que los datos que requiere se refieren a la abundancia de individuos que pertenecen a una determinada clase en una muestra. Una muestra es cualquier lista de especies en un sitio, localidad, cuadrante, país, unidad de tiempo, trampa, etcétera. Como sabemos, hay muchas especies que sólo están representadas por pocos individuos en una muestra (especies raras), comparadas con las especies comunes, que pueden estar representadas por numerosos individuos. El estimador de Chao1 se basa en la presencia de especies raras. Es decir, se necesita saber cuántas especies están representadas por sólo un individuo en la muestra (*singletons*), y cuántas especies están

representadas por exactamente dos individuos (*doubletons*), por consiguiente se tiene el siguiente modelo:

$$S_{est} = S_{obs} + F^2/2G$$

Donde:

$S_{est}$  : Es el número de clases (en este caso, número de especies) que deseamos conocer.

$S_{obs}$  : Es el número de especies observado en una muestra.

$F$  : Es el número de *singletons*.

$G$  : Es el número de *doubletons*.

En el Software EstimateS se ha integrado además una fórmula corregida para este modelo, la cual se aplica cuando el número de *doubletons* es cero:

$$S_{est} = S_{obs} + ((F^2/2G + 1) - (FG/2(G+1)^2)).$$

Chao1 se han empleado para diversas aplicaciones, entre ellas, estudios con macro invertebrados bentónicos, conejos, himenópteros, arañas, en selvas, entre otros. Los investigadores pueden hacer de estos estimadores no paramétricos como Chao1, una herramienta muy útil para saber si se requiere realizar un segundo estudio en una zona, aun cuando se obtenga una asíntota en la curva de acumulación de especies, e incluso pueden ser importantes en términos de costos, para reducir o aumentar la intensidad de muestreo.

Escalante *et al* (2002, utilizaron estos métodos para saber cuántas especies más de mamíferos terrestres podían encontrar en el territorio que estudiaron.

En la presente investigación, los índices Chao1, ICE y ACE sirven para estimar, usando la información levantada en campo, cuantas especies podríamos encontrar en cada fragmento aunque ampliáramos el área muestreada, incluso si se fuese cubierta toda el área del fragmento de bosque.

#### **3.8.4. Índice de Simpson**

Este índice mide la dominancia. Toma en cuenta la representatividad de las especies con mayor valor de importancia sin evaluar la contribución del resto de las especies.

(Magurran, 1988). El índice de Simpson está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes. Entre más alta es esta probabilidad menos diversa es la comunidad (Magurran, 1988).

$$\lambda = \sum_i^S p_i^2$$

Donde:

$p_i$  = Es la abundancia proporcional de la  $i$ -ésima especie; la cual está dada por la formula:

$$p_i = n_i / N, \quad i = 1, 2, 3, \dots, S \quad \text{donde:}$$

$n_i$ : Es el número de individuos en la  $i$ -ésima especie

$N$ : Es el número total de individuos conocidos para todas las especies  $e$  en la población.

El índice de Simpson varía entre 0 y 1 y expresa la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. Sirve para indicarnos que si la probabilidad de que estos dos individuos pertenezcan a la misma especie es alta o se aproxima a 1, entonces la diversidad de la muestra de la comunidad es baja.

Para tener un índice que aumente al aumentar la diversidad en vez de disminuir, se utiliza el inverso del índice de Simpson (Magurran, 1988). El inverso del índice de Simpson determina la abundancia.

Este índice de diversidad estructural de las especies, que mide la dominancia específica, toma real importancia cuando son comparados con el índice de otras localidades. En Nicaragua este índice ha sido muy utilizado en estudios de diversidad de especies, entre estos estudios puede citarse a Garmendia *et al* (2008) quienes estudiaron la composición, diversidad, estructura e importancia de las especies arbóreas y palmas del bosque seco de la finca "Rosita", Reserva Natural Estero padre Ramos.

### 3.8.5. Índice de Shannon

Uno de los índices más utilizados para cuantificar la diversidad específica es el de Shannon, también conocido como Shannon-Weaver. Este índice refleja la heterogeneidad de una comunidad sobre la base de dos factores: El número presente de especies y su abundancia relativa. Conceptualmente, *es una medida del grado de incertidumbre asociada a la selección aleatoria de un individuo en la comunidad*. Esto es, si una comunidad de “S” especies es muy homogénea, por ejemplo porque existe una especie claramente dominante,

y las restantes S-1 especies apenas presentes, el grado de incertidumbre será más bajo que si todas las S especies fueran igualmente abundantes (Pla, 2006).

El índice de Shannon adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos. Normalmente toma valores entre 1 y 4.5. Valores mayores de 3 son típicamente interpretados como "diversos" (Magurran, 1988). La diversidad máxima se alcanza cuando todas las especies están igualmente presentes. El índice de Shannon está definido por la ecuación:

$$H = -\sum_{i=1}^S \pi_i \ln \pi_i$$

Donde:

H: Es el índice de Shannon

S: Es el número de especies en la comunidad

$\pi_i$ :  $1/S$

En Nicaragua este índice ha sido muy utilizado en estudios de diversidad de especies, entre estos estudios se pueden citar Garmendia *et al* (2008), los cuales estudiaron la diversidad e importancia de las especies arbóreas y palmas del bosque seco de la finca “Rosita” en la Reserva Natural estero Padre Ramos, Chinandega, Nicaragua.

Estos investigadores encontraron mucha similitud para este bosque seco el cual presentó un índice de Shannon de 1.44, al compararlo con otro estudio realizado por Sánchez (2005) en un paisaje fragmentado en Rivas, Nicaragua, el cual encontró un índice de Shannon de 2.1, siempre en bosque seco.

En la presente investigación, este índice de Shannon permitirá dar una idea de la abundancia de las especies en cada fragmento de bosque, dado que según Pérez (2004), el índice de Shannon es una medida del grado promedio de incertidumbre al predecir a que especie pertenece un individuo escogido al azar de una colección “S” de especies y “N” individuos. Esta incertidumbre aumenta en la medida que aumenta el número de especies y el número de individuos entre las especies se torna aproximadamente igual.

### **3.8.6. Índice Alpha**

El índice alfa es apropiado para realizar comparaciones entre sitios ya que para su cálculo solo se requiere conocer N y S y tiene la ventaja que depende menos del tamaño del área de estudio que el índice de Shannon o el de Simpson. Alpha, es influenciado por las especies de abundancia intermedia, y es relativamente insensible para las especies raras y especies más abundantes.

$$S = a \log[1 + (N/\alpha)]$$

Donde:

S = El número de especies en la muestra

N = El número de individuos de la muestra

$\alpha$  = Índice de diversidad

La constante  $\alpha$  es una expresión de la diversidad de especies en la comunidad. Será un valor bajo cuando el número de especies sea escaso y alto cuando haya mayor diversidad de especies. El cálculo de éstos índices de diversidad de especies se realiza mediante el programa EstimateS (Colwell, 1997).

En el presente estudio, este índice permitirá realizar comparaciones de la diversidad de los diferentes fragmentos de bosque para cuales de los fragmentos son más diversos.

### 3.8.7. Índice de valor de importancia (IVI)

De acuerdo a Magurran (1988), el análisis del valor de importancia de las especies cobra sentido si recordamos que el objetivo de medir la diversidad biológica es, además de aportar conocimientos a la teoría ecológica, contar con parámetros que nos permitan tomar decisiones o emitir recomendaciones en favor de la conservación de taxas o áreas amenazadas, o monitorear el efecto de las perturbaciones en el ambiente.

La fórmula para el cálculo del IVI es la siguiente:

$$IVI = (AR + FR + DR) / 3$$

Donde:

IVI= Es el índice de valor de importancia

AR = Abundancia relativa (%)

FR = Frecuencia relativa (%)

DR = Dominancia relativa (%)

$$A.R = \frac{\text{Número de árboles por especie}}{\text{Número de árboles totales}} \times 100$$

$$F.R = \frac{\text{Frecuencia absoluta de una especie}}{\text{Total de frecuencia absoluta}} \times 100$$

$$D.R = \frac{\text{Area basal de cada especie}}{\text{Area basal de todas las especies}} \times 100$$

Cada parámetro representado en la fórmula, se trata de valores relativos y suman un total de 100%, por lo que el IVI de cada especie esta ajustado a 300%. Con la finalidad de hacer más comprensible este parámetro, se le ajustó al 100% dividiéndolo entre 3.



Medir la abundancia relativa de cada especie permite identificar aquellas especies que por su escasa representatividad en la comunidad son más sensibles a las perturbaciones ambientales. Además, identificar un cambio en la diversidad, ya sea en el número de especies, en la distribución de la abundancia de las especies o en la dominancia, nos alerta acerca de procesos empobrecedores (Magurran, 1988).

En el presente estudio, el índice de valor de importancia se utiliza para el análisis de los parámetros ecológicos ya que es un buen descriptor de la importancia de la especie en un lugar, de manera que las especies que presentan los valores más altos son aquellas que poseen más individuos y de mayor tamaño, es decir, las más representativas de la vegetación.

### **3.9. Medición de la diversidad beta**

La diversidad de ecosistemas, concierne a la heterogeneidad de ecosistemas presentes en una región o zona dada, y se entiende como el conjunto de individuos, poblaciones y especies que ocupan un área definida, incluidas todas sus interacciones y con el medio ambiente. Entre los componentes de la diversidad ecológica se hallan los paisajes y los hábitats, entre otros (García, 2009).

La diversidad beta el grado de cambio o reemplazo en la composición de especies entre diferentes comunidades en un paisaje (Whittaker, 1972). A diferencia de las diversidades alfa y gamma que pueden ser medidas fácilmente en función del número de especies, la medición de la diversidad beta es de una dimensión diferente porque está basada en proporciones o diferencias (Magurran, 1988).

La vida se ha diversificado porque ha ido adaptándose a distintos hábitats, siempre formando parte de un sistema complejo de interrelaciones con otros seres vivos y no vivos, en lo que llamamos ecosistemas. Por tanto la diversidad de especies es un reflejo en realidad de la diversidad de ecosistemas y no se puede pensar en las especies como algo aislado del ecosistema. Esto conduce a la idea, tan importante en el aspecto ambiental, de que no se puede mantener la diversidad de especies si no se mantiene la de ecosistemas. De

hecho la destrucción de ecosistemas es la principal responsable de la acelerada extinción de muchas especies en los últimos siglos (García, 2009).

Estas proporciones pueden evaluarse con base en índices o coeficientes de similitud, de disimilitud entre las muestras a partir de datos cualitativos (presencia ausencia de especies) o cuantitativos (abundancia proporcional de cada especie medida como número de individuos, biomasa, densidad, cobertura, etc.), o bien con índices de diversidad beta propiamente dichos (Magurran, 1988).

Los índices de similitud/disimilitud expresan el grado en el que dos muestras son semejantes por las especies presentes en ellas, por lo que son una medida inversa de la diversidad beta, que se refiere al cambio de especies entre dos muestras (Magurran, 1998). Sin embargo, a partir de un valor de similitud ( $s$ ) se puede calcular fácilmente la disimilitud ( $d$ ) entre las muestras:  $d=1-s$  (Magurran, 1988). Estos índices pueden obtenerse con base en datos cualitativos o cuantitativos (Baev & Penev, 1995). Los siguientes índices utilizan datos cualitativos:

### **3.9.1. Coeficiente de similitud de Jaccard**

El intervalo de valores para este índice va de 0 cuando no hay especies compartidas entre ambos sitios, hasta 1 cuando los dos sitios tienen la misma composición de especies.

$$I_J = \frac{c}{a + b - c}$$

Donde:

$a$  = número de especies presentes en el sitio A

$b$  = número de especies presentes en el sitio B

$c$  = número de especies presentes en ambos sitios A y B

Magurran (1988), afirma que cuando hay varios sitios en una investigación, una buena representación de la beta diversidad puede ser obtenida a través de un análisis de Cluster.

Este comienza con una matriz que da la similaridad entre cada par de sitios. Los dos sitios más similares en la matriz son combinados para formar un nuevo grupo.

Según Melo (2001), el análisis de *Cluster* es una forma explícita para identificar grupos en datos brutos, y permite encontrar estructuras en los mismos. Para datos ecológicos el análisis de Cluster es un tipo de análisis que clasifica sitios, especies o variables. Sin embargo, aun si hay una estructura continua, ésta se presenta en forma partida en un sistema discontinuo de tipos de clases.

Un sistema de clasificación por *Cluster* debe dar información sobre la ocurrencia de especies, tipos de comunidades para estudios descriptivos, y diferentes relaciones entre comunidades y el medio ambiente, por el análisis de datos formados a partir de esta clasificación al utilizar variables ambientales Melo (2001).

El índice de Jaccard en este estudio nos permitirá cuales fragmentos son mas similares, en función del numero de especies que tienen en común.

### **3.9.2. Coeficiente de similitud de Sorensen**

Es un índice de asociación se aplica esencialmente en matrices de presencia ausencia de especies, por tanto puede tomar valor de 1 cuando existe máxima similitud y valores de 0 cuando la similitud es mínima (Pérez, 2004). Relaciona el número de especies en común con la media aritmética de las especies en ambos sitios (Magurran, 1988).

$$I_s = \frac{2c}{a + b}$$

Donde:

Is= Índice de Sorensen

$a$  = número de especies presentes en el sitio A

$b$  = número de especies presentes en el sitio B

$c$  = número de especies presentes en ambos sitios A y B

El índice de Sorensen, al igual que el anterior nos permitirá conocer cuales fragmentos son más similares, en función del número de especies que tienen en común.

### 3.10. Captura de carbono y su estimación

Según Segura & Andrade (2008), el cambio climático es una serie de alteraciones al planeta causados por el hombre, que incluyen el aumento en la temperatura, cambios en los patrones de lluvia y el incremento en los niveles del mar. La emisión de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) a la atmósfera, derivado del uso de combustibles fósiles (petróleo y sus derivados) y de la deforestación y degradación de los suelos, es la principal causa de estos cambios en el clima del planeta. Las plantas, a través de la fotosíntesis, absorben el  $\text{CO}_2$  de la atmósfera y lo fijan como carbono en su biomasa (madera, hojas, ramas, raíces).

La permanencia de este carbono en la biomasa vegetal depende del ciclo de vida de las plantas. Los árboles y demás especies leñosas pueden almacenar carbono por años en su madera, constituyendo una opción económica y ecológica para mitigar el cambio climático (Segura & Andrade, 2008).

De acuerdo a Moraes (2001), los bosques tropicales juegan un papel importante en el ciclo del carbono orgánico almacenado, representando 20% de la reserva terrestre mundial de carbono.

La producción de biomasa de los bosques secundarios tropicales, es caracterizada por una rápida acumulación inicial de biomasa, que disminuye a medida que el bosque se aproxima a su madurez. También, de acuerdo a Finegan & Delgado (2000), la producción de biomasa en bosques secundarios podría variar según la composición florística.

Según algunos estudios la producción de biomasa de los bosques secundarios es más elevada que la de los bosques primarios maduros, por ejemplo se reportan valores promedios de acumulación de biomasa de menos de  $1\text{Mg ha}^{-1}\text{año}^{-1}$ , en tanto que para bosques secundarios los valores pueden variar de 2 a  $3.5\text{Mg ha}^{-1}\text{año}^{-1}$  Moraes (2001). Esto puede explicarse porque los bosques secundarios jóvenes presentan una mayor tasa fotosintética.

### 3.10.1. Estimación de la captura del carbono

LUCCAM (2009), propone un modelo que puede aplicarse a arbustos y árboles de especies forestales con diámetros de 2.5-100 cm, y toma como principal dato al diámetro medido a 1.30 m sobre el nivel del terreno, o diámetro a la altura del pecho (DAP) como también suele llamársele. El modelo es el siguiente:

$$\ln(Y) = -1.47 + \ln 2.72 \ln (X)$$

Y: Es la biomasa de materia seca en kilogramos,

X: Es el DAP en centímetros

De esta manera se obtiene la biomasa de los árboles de cada parcela. La estimación del carbono fijado (en Mega gramos/ha), Se realiza mediante una curva de regresión que relaciona el DAP (cm) con la biomasa (en Kg).

### 3.10.2. Los grupos ecológicos y el carbono almacenado

Los bosques tropicales son uno de los ecosistemas más productivos del mundo, y en promedio alcanzan una biomasa hasta 300 tn/ha. Toda la vida en la tierra se basa en el carbono. La fuente original de carbono es el carbono atmosférico, el cual es fijado por las plantas mediante la fotosíntesis. Sin embargo, la tasa fotosintética tiende a disminuir conforme aumenta la edad de las plantas y por tanto también disminuye la demanda de CO<sub>2</sub> (Smith & Smith, 2001).

Por otro lado, de acuerdo a Guariguata & Kattan (2003), el crecimiento de las diferentes especies estará controlado en gran medida por su capacidad fotosintética, tanto las especies ubicadas en los claros como en el sotobosque. Cuando la disponibilidad de luz disminuye, la capacidad fotosintética también disminuye, reduciendo con ello el crecimiento de la planta. Además, en los micrositios poco iluminados, la ganancia diaria de carbono será extremadamente sensible al área foliar total y relativamente independiente de la capacidad fotosintética.

Por lo tanto para poder mantener el crecimiento en condiciones de poca luminosidad, será más importante mantener una cuota relativamente alta de área foliar. Como puede deducirse, en las especies tolerantes a la sombra, el ajuste de la capacidad fotosintética se puede entender mejor como un mecanismo para proteger los fotosistemas de una alta luminosidad, que como un mecanismo destinado a aumentar la ganancia de carbono (Guariguata & Kattan, 2003).

Una investigación realizada por Moraes (2001), encontró que la contribución de los diferentes grupos ecológicos (heliófitas efímeras, heliófilas durables, intermedias y generalistas) al carbono almacenado en los bosques varió de un grupo a otro. En el 64 % de los bosques estudiados, las especies heliófitas durables, muchas de valor comercial, aportaron proporcionalmente más biomasa que los demás grupos ecológicos. Además, su contribución proporcional a la biomasa aérea total se mantuvo constante a lo largo de los años. Mientras tanto la participación de las especies generalistas antes clasificadas como esciófitas no aparenta tener un patrón relacionado con la edad. Las especies heliófitas efímeras contribuyen levemente al almacenamiento de carbono en la biomasa aérea total.

## **IV. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN**

¿Qué tipo de bosque existe en la parte este del lago Cocibolca? ¿Qué especies arbóreas albergan? ¿Cuál es la estructura de estos remanentes de bosque? ¿Qué tan diversas son estas áreas remanentes de bosque con respecto a bosques naturales de referencia con evidente estado de conservación? ¿Cuál es el manejo que le dan sus propietarios y la percepción que éstos tienen de su área de bosque?

¿Al seleccionar y examinar parcelas de bosque, cuál es el estado de salud de esta cobertura boscosa? ¿Qué amenaza real hay sobre estos bosques? ¿Tienen valor para los propietarios? ¿Qué acciones realizan los propietarios para conservar, ampliar o aprovechar estos bosques?

¿Estas áreas remanentes son suficientes para regenerar el bosque?

¿Se pueden hacer proyectos de conectividad entre estos parches boscosos para evitar la extinción de especies o promover corredores biológicos?

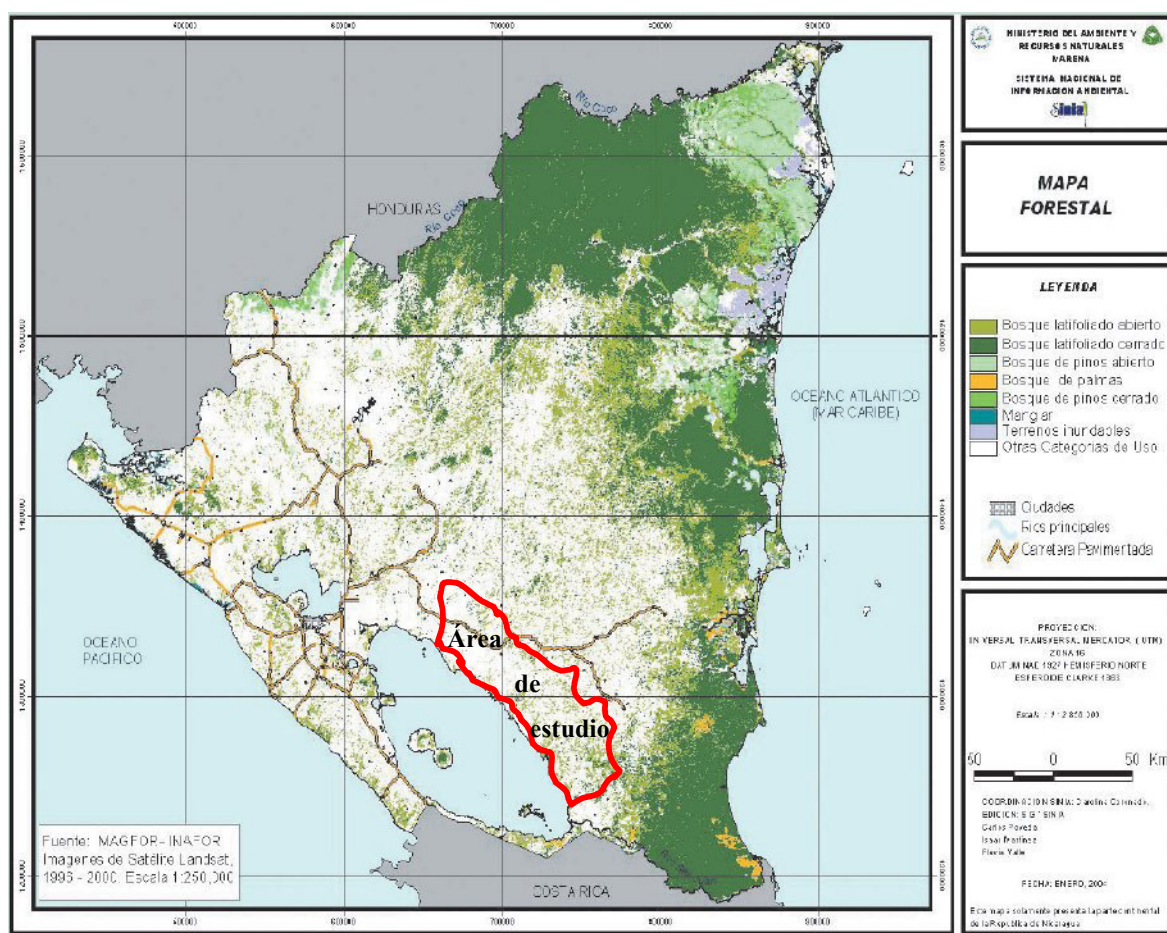
¿Qué cantidad de carbono han almacenado estos fragmentos de bosque?

## V. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1. Características generales del área de estudio

#### 5.1.1. Ubicación geográfica

El área del estudio geográficamente está ubicada entre 84° 30' y 85° 30' de Longitud Oeste y entre los 11° 12' de Latitud Norte (INETER, 2009). Esta área constituye toda la parte Este del subsistema Lago Cocibolca que integra la Cuenca del Río San Juan. Abarca parcialmente a los departamentos de Boaco, Juigalpa, y Río San Juan con altitudes de 70-200 msnm para Río San Juan y 100-500 msnm para la zona de Juigalpa y Boaco (figura 1).



**Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio, correspondiente a la parte Este del subsistema de Cuenca Lago, Cocibolca, Nicaragua, 2010**



### **5.1.2. Características climáticas**

De acuerdo a la clasificación de zonas de vida de Holdrige (1986), al Sureste del departamento de Chontales y al occidente del Departamento del Río San Juan, abarcando la denominada Zona de Vida y Desarrollo y de Amortiguamiento de la Reserva Biológica Indio-Maíz se tiene el bosque de trópico húmedo. Se caracteriza por tener un prolongado período lluvioso de 9 a 10 meses, con una precipitación anual media de unos 2.500 mm y una temperatura promedio anual de 27°C, con algunas variaciones entre los meses de abril y diciembre, que son el más cálido y el más templado respectivamente.

En tanto que, en la zona occidental del departamento de Chontales y el municipio de San Lorenzo, departamento de Boaco se tiene el bosque seco tropical, caracterizado por precipitación media anual entre 1000 -2000 mm y temperatura media anual de 24- 27 °C.

### **5.1.3. Hidrografía del área de estudio**

Según MADESO (2004), la Cuenca del subsistema hidrológico Lago de Nicaragua, tiene una superficie de 23,848 km<sup>2</sup> hasta su salida a la altura de la localidad de San Carlos, lugar en el que nace el Río San Juan. Desde el punto de vista hidrográfico en esta Cuenca se identifican tres sectores con rasgos diferenciales: Las sub cuencas de los ríos de la vertiente Oeste, las sub cuencas de los ríos del sector Sur y las sub cuencas de los ríos de la vertiente Este, que son las que se encuentran enmarcadas dentro del área del presente estudio.

En las sub cuencas de los ríos de la vertiente Este pasan los ríos gradualmente de un régimen intermitente a perenne a medida que se aproximan al sector Sureste, debido al incremento de la precipitación. Entre los ríos principales se encuentran los siguientes: Malacatoya, Tecolostote, Mayales, Acoyapa, Oyate, Tepenaguasapa, Camastro y Tule (MADESO, 2004).

#### **5.1.4. Características topográficas y de suelo**

En el área de estudio, los ultisoles aparecen como el orden más predominante, seguido de Inceptisol y Alfisol. Presentan baja fertilidad, textura arcillosa, y alto grado de acidez, generalmente presentan una delgada capa de materia orgánica (Moraes, 2001).

Son suelos pobremente drenados en las partes bajas, mejorando el drenaje a medida que la topografía asciende. La altitud de área de estudio varía de 100 a 200 m.s.m, en la zona San Carlos, departamento de Río San Juan, y Acoyapa departamento de Chontales Chontales, en tanto que en la zona de San Lorenzo, Boaco la altitud del área estudiada está entre los 400-500 m.s.n.m.

En la zona de San Carlos Río San Juan, predominan pendientes desde 2-30%, mientras que en la zona de Acoyapa, Chontales las pendientes están de 2-40%. En la zona de San Lorenzo el rango de pendiente promedio está entre 30-60%. Los procesos erosivos y de pérdida de suelo, prácticas agrícolas inadecuadas, y falta de prácticas de conservación ocasionan grandes pérdidas de la capa fértil en zonas específicas.

#### **5.1.5. Características de la vegetación de la zona**

Pueden encontrarse formaciones vegetales que van desde el bosque seco tropical en el municipio de San Lorenzo, Boaco y el Occidente del departamento de Chontales, hasta el bosque tropical húmedo en el sureste del departamento de Chontales y Río San Juan (Salas, 1993). En la Región este y oeste del Lago de Nicaragua. Se puede encontrar el bosque Seco Tropical en zonas de alta estacionalidad en la precipitación y en suelos fértiles (MADESO, 2004).

De acuerdo a Moraes (2001), las familias y géneros botánicos son típicos de bosques secundarios tropicales. La semejanza entre las diferentes zonas del área de estudio, es la presencia marcada de especies bioindicadoras de bosques secundarios, estas son las heliófitas durables, grupo ecológico dominante en estos bosques, principalmente representado por las especies *Cedrella odorata*, *Ceiba pentandra*, *Cecropia peltata*, *Cordia alliodora*. Según CATIE (2001), las heliófitas durables son especies intolerantes a la

sombra, de vida relativamente larga. La mayoría de las especies tradicionales comerciales de alto valor y muchas de las especies comerciales actuales pertenecen a este grupo.

## 5.2. Diseño metodológico

### 5.2.1. Criterios de selección de las áreas de bosque

Mediante una selección intencional, previo reconocimiento de campo, fueron identificados los seis fragmentos de bosque de mayor tamaño, y con mejor grado de conservación y fueron georeferenciados con un GPS.

### 5.2.2. Metodología de análisis de los fragmentos

Dentro de cada fragmento seleccionado se identificó la parte más representativa de la vegetación, y aquí fue establecida una parcela temporal de medición. La forma de cada parcela de medición fue rectangular con un tamaño de 10,000m<sup>2</sup> (100 x 100 m), cada parcela fue dividida en 10 subparcelas de 1000 m<sup>2</sup> (10 x 100 m), de las cuales se tomaron tres al azar (figura 2). La intensidad de muestreo varió de acuerdo al tamaño de cada fragmento de bosque (ver tabla1).

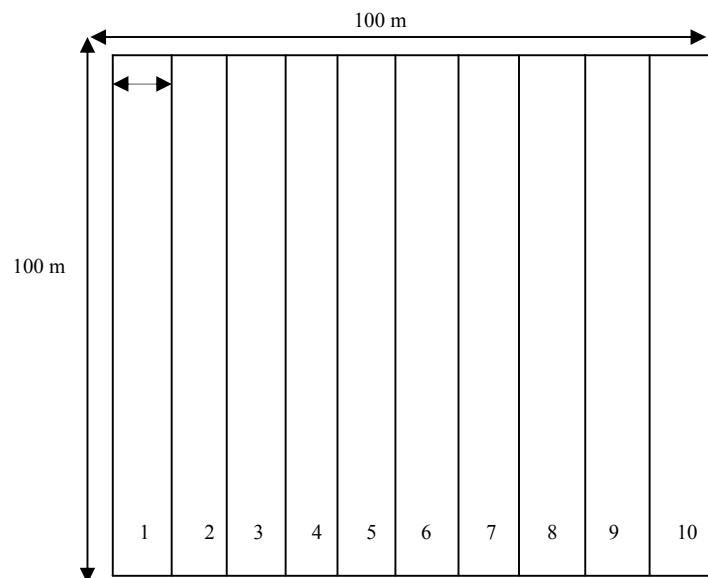
**Tabla 1. Intensidad de muestreo para cada fragmento de bosque, Oeste del lago de Nicaragua, 2010**

Fragmento	Área (ha)	Parcela (ha)	%	Área neta muestreada	
				(Ha)	IM (%)
1	2.1	1	48	0.3	14.3
2	6.7	1	15	0.3	4.5
3	32.8	1	3	0.3	1.0
4	13	1	8	0.3	2.3
5	13.3	1	8	0.3	2.3
6	1.2	1	83	0.3	25.0
<b>Promedio</b>			<b>27</b>		<b>8.2</b>

IM: Intensidad de muestreo. Es la suma del área de las sub parcelas dentro de cada parcela de 01 hectárea.

Dentro de estas unidades de medición se registró:

- El nombre de la especie.
- Diámetro a la altura del pecho (DAP) para todos los individuos con DAP > a 2.5 cm



**Figura 2. Diseño de las parcelas de muestreo, utilizadas en los fragmentos de bosque estudiados en la zona este, del subsistema de Cuenca Lago Cocibolca, Nicaragua, 2010**

Si era encontrado un individuo cuyo tallo es ramificado por debajo de 1.3 m (DAP), se procedió a medir cada una de las ramificaciones a la altura del pecho y posteriormente fueron sumados las áreas basales obtenidas de cada una de estas ramificaciones. Los árboles con raíces tabulares muy altas, fueron medidos arriba de estas, es decir, donde comienza el fuste recto del tallo, así estuviese por encima de la altura del pecho.

Si había un árbol caído y estaba vivo, cuya raíz se encuentra dentro del transecto, pero su tallo y follaje están fuera del mismo, entonces fue incluido (Pero si cumplía con los 3 m de altura del follaje sobre la superficie). Por el contrario, si su tallo y follaje están dentro del transecto, pero no su raíz entonces, no fue incluido. Si se presenta un árbol que se encuentra el límite del transecto, se incluyó siempre y cuando la mitad o más de su tronco estaban dentro del transecto.

La identificación de las especies arbóreas se realizó en el campo y con la ayuda de guías dendrológicas, de acuerdo a lo recomendado por Acevedo (2005). Las especies que no podían ser identificadas fueron colectadas con material fértil cuando pudo ser posible o con material estéril, para ser identificadas posteriormente en el herbario nacional de la Universidad Centroamericana (UCA-Nicaragua).

El proceso de preparación de la muestra para su identificación en el herbario de la UCA, consistió en colocar cada muestra en una prensa de madera construida para este fin, haciendo uso de papel para separar una muestra de la otra, dentro de la misma prensa. Como máximo fueron colocadas 5 muestras por cada prensa. Diariamente durante una semana las muestras fueron colocadas en un lugar ventilado para promover su secado.

### **5.2.3. Levantamiento de información relativa al manejo de las áreas de bosque**

Fue diseñada y aplicada una encuesta a los propietarios de las áreas de bosque, con la finalidad de obtener información relevante sobre el uso que los propietarios le están dando a las áreas de bosque estudiados, la percepción que estos tienen del área de bosque y de las instituciones nicaragüenses relacionadas a la conservación del Ambiente y los Recursos Naturales. En total fueron aplicadas seis encuestas, lo que representa el 100% de la población de estudio, correspondiente a los seis fragmentos de bosque.

Con esta encuesta también se pretendió indagar sobre el grado de visión conservacionista que tiene el propietario, su conocimiento acerca de los beneficios ambientales que provee el bosque, especialmente para la zona donde fue realizado el estudio. Además, se pretendió indagar sobre las perspectivas que los productores tienen para su área de bosque dentro de los próximos cinco años, así como la disponibilidad para trabajar con proyectos que pretendan la conservación del bosque (Anexo 4).

También fue diseñada una lista de cotejo, y empleada para anotar las observaciones directas en el campo, referente al grado de perturbación del área, la existencia de ríos, la existencia de parches de vegetación contiguos, la cercanía a poblados, la incidencia de incendios, el estado de salud del bosque (anexo 5). Con esta lista de cotejo, se pretendió obtener la información que no fue suministrada por el productor, y que no obstante, es relevante para establecer relaciones entre el estado del bosque y los usuarios, las limitantes inherentes y la factibilidad de implementar estrategias de conservación.

### **5.2.4. Obtención de datos para estimar el área basal**

Para realizar la estimación del área basal, fue medido el diámetro a la altura del pecho (DAP) de todos los árboles >2.5 cm incluidos en cada una de las tres sub parcelas elegidas

al azar, en cada uno de los fragmentos de bosque estudiados. Estos datos fueron utilizados para calcular el área basal en cada fragmento, mediante la fórmula:  $0.7854 \cdot (D)^2 \cdot NA$ , donde D, es el dato del diámetro promedio, NA es el número de árboles medidos en el fragmento de bosque, y 0.7854 es una constante.

### 5.2.5. Obtención de datos para estimar el potencial de carbono almacenado

Para la estimación del carbono almacenado en la biomasa aérea, el dato levantado en campo fue el diámetro a la altura del pecho (DAP), el cual se mide a una altura de 1.30m sobre el nivel del terreno.

## 5.3. Variables estudiadas

En este trabajo de investigación, el objeto de estudio fueron las unidades de muestreo, es decir las parcelas de bosque. Para cada parcela fueron evaluadas las variables descritas en la tabla 2, que se presenta a continuación:

**Tabla 2. Variables estudiadas en los fragmentos de bosque, en la zona Este del Subsistema de cuenca Lago Cocibolca, Nicaragua, 2010**

Variable	Indicadores	Fuente	Instrumento
Diversidad arbórea	Número de especies por fragmento	Bosque	Hoja de campo Guía dendrológica Herbario
	Número de familias botánicas por fragmento	Bosque	Hoja de campo Guía dendrológica Herbario
	Número de géneros por fragmentos	Bosque	Hoja de campo Guía dendrológica Herbario
	Número de individuos por fragmentos	Bosque	Hoja de campo
Estructura arbórea	Diámetro promedio	Bosque	Cinta métrica
	Área basal por hectárea	Bosque	Cinta métrica Hoja de campo Computadora
	Especies de mayor peso ecológico	Bosque	Hoja de campo Computadora

Uso y manejo del bosque	Nivel de perturbación del bosque	Productor	Encuestas Lista de cotejo
	Percepción del productor	Productor	Encuesta
	Uso del bosque	Productor	Encuesta
	Acciones para conservar	Productor	Encuesta
	Ubicación de los fragmentos	Bosque	Lista de cotejo Georeferenciación
Salud del bosque	Afectación por plagas y enfermedades	Bosque	Lista de cotejo
Captura de carbono	Mega gramos de CO <sub>2</sub> / hectárea	Bosque	Modelo de estimación

## 5.4. Procesamiento y análisis de la información

Para el procesamiento de información fue utilizada una computadora y los Software Arcgis versión. 9.2; El Software estadístico para las ciencias sociales (SPSS v. 12), EstimateS Win versión.6, y el Software Excel versión 2007.

El software *Estimates* se encuentra disponible como programa de libre acceso en <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>), con especificación de límite superior de abundancia para especies raras e infrecuentes de 10.

### 5.4.1. Análisis de composición florística

Para comparar la riqueza y diversidad de especies entre los tipos de vegetación se utilizan las siguientes técnicas o herramientas:

- La ecuación de Clench (1978).) para la evaluación de la eficiencia del muestreo, y fue utilizado el Software Excel, en donde el procedimiento fue realizado de la siguiente manera. Primero, fue calculada una constante K, donde se buscaron dos puntos de los calculados por el índice Chao, en los cuales se anotó lo siguiente:

N1: Numero de muestras en punto 1

N2: Numero de muestras en punto 2

S1: Número de especies en punto 1

S2: Numero de especies en el punto 2

Con este par de pares de datos se calculó en Excel la constante  $K = (((N1*S2)*N2)-((N2*S1)*N1))/((N2*S1)-(N1*S2))$ . Ya con K se calculó la asíntota Se (especies esperadas bajo el muestreo realizado) de nuevo en Excel  $Se = (((S1*(K+N1))/N1))$ .

Con esto ya se pudo determinar el nivel de eficiencia del muestreo, si resultaba mayor igual o mayor que el 80 % entonces el muestreo estuvo bien. Es decir se tuvo una mejor idea de que porcentaje de especies se lograron incluir con el esfuerzo de muestreo versus el número esperado con ese nivel de muestreo o valor asintótico de la ecuación de Clench.

- Se construyeron curvas individuos-especies con 100 aleatorizaciones, así como estimadores no paramétricos de riqueza de especies tales como Chao1, ACE e ICE (Colwell & Coddington 1994).

- Se estimaron los índices de diversidad de Simpson, y Shannon, para cada una de las parcelas.

- Se utilizó un análisis de conglomerados, donde se estimó el grado de similitud entre los fragmentos de bosque.

- La estructura de cada tipo de bosque se resumió en forma descriptiva y en términos de las especies de mayor peso ecológico. Tomando en cuenta la metodología propuesta por Louman *et al.* (2001) la estructura de la vegetación en las parcelas, fue analizada con base en los valores relativos del área basal, densidad y frecuencia de las especies en las subparcelas. Los valores relativos se combinaron en el índice de valor de importancia (IVI), donde el  $IVI = (\text{área basal relativa} + \text{densidad relativa} + \text{frecuencia relativa})$ .

En este método el área basal relativa es el área basal de cada especie dividida por el área basal total en la hectárea, la densidad relativa es el número de individuos por especie dividida por el número total de individuos presentes por parcela, la frecuencia relativa es el porcentaje de la frecuencia de parcelas en que está presente la especie con respecto a la suma de frecuencias de todas las especies. Para encontrar patrones estructurales comunes



para los tipos de vegetación, fue analizada la estructura poblacional de las especies con IVI más elevado.

- Con la información levantada en el muestreo de la vegetación, fue realizada una inferencia estadística por especie para determinar los parámetros estructurales de esa área de bosque (Número de árboles/hectárea, área basal por hectárea, biomasa por hectárea).
- Las encuestas realizadas fueron procesadas creando gráficos para indicar la opinión de los dueños de bosques encuestados.
- Se utilizó el programa Arcgis, para determinar la posición exacta de las áreas de bosque. Fueron calculadas las áreas exactas para cada bosque, y fue elaborado un mapa con estas ubicaciones (figuras 3, 4, 5 y 6).

#### **5.4.2. Determinación biomasa total y cantidad de carbono en la biomasa aérea**

Se procedió a aplicar la ecuación alométrica desarrollado por el Proyecto LUCAM (2009), para la zona de San Carlos, Rio San Juan. Esta ecuación es de fácil utilización porque solo requiere la medición de una variable directamente del campo, la cual es el diámetro a la altura del pecho (DAP), presentando resultados aceptables.

Este modelo puede aplicarse a arbustos y árboles de especies forestales con diámetros de 2.5 hasta 100 cm, y toma como principal dato al diámetro medido a 1.30 m sobre el nivel del terreno, o diámetro a la altura del pecho (DAP) como también suele llamársele. La ecuación estima Kilogramos de materia seca procedente de la biomasa aérea de árboles y arbustos. El modelo es el siguiente:

$$\ln(Y) = -1.47 + \ln 2.72 \ln (X)$$

Y: Es la biomasa en kilogramos de materia seca

X: Es el DAP en centímetros

Para este proceso fue creada una base de datos en el software Excel, en el cual se insertaron las fórmulas para el cálculo de la biomasa aérea de árboles y arbustos forestales y el carbono almacenado en ellos. El  $R^2$  ajustado de esta ecuación de de 0.89.

Con el DAP (Diámetro a la altura del pecho), obtenido de las mediciones en campo, se creó una base de datos en el Software Excel y se insertó la ecuación para los cálculos de la biomasa aérea y con la cual se determinó la fracción contenida de carbono en la biomasa aérea y posteriormente multiplicándola por el factor 0.5, considerando que según Andrade & Ibrahim (2003), el carbono es aproximadamente el 50% del peso seco de un árbol.

## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1. Fragmentos de bosque

Fueron identificados seis fragmentos representativos de bosques, de los cuales cuatro están localizadas en el departamento de Río San Juan, uno en Acoyapa, Chontales y uno en el Municipio de San Lorenzo, Boaco (tabla 3)

**Tabla 3. Propietarios de cada fragmento de bosque, al este del Lago Cocibolca, Nicaragua, 2010**

<b>Fragmento</b>	<b>Comarca donde se localiza</b>	<b>Área del fragmento</b>	<b>Propietario</b>
1	Nueva Jerusalén, Río San Juan	2.1 ha	Roberto Benavidez Ramírez
2	Empalme de Cruz verde, Río San Juan	6.7 ha	Roberto Madríz
3	Morrillo, Río San Juan	32.8 ha	Hernaldo Vega Soto
4	Empalme de Cruz Verde, Río San Juan	13.0 ha	Adrian Herrera Barbosa
5	Animas, Acoyapa, Chontales	13.3 ha	Marina Ortega Gática
6	San Lorenzo, Boaco	1.2 ha	Ángel Téllez Miranda

Al haber realizado una vista exploratoria previa a la selección de las áreas estudiadas, pudo garantizarse que las seis áreas seleccionadas son las de mayor importancia de acuerdo al tamaño del área, por lo tanto pueden servir de referencia. Todos estos seis fragmentos de bosque seleccionados son representativos de la agrupación de fragmentos de cada una de las localidades. Es decir que estos parches en la zona, no son únicos, y que cercanos a ellos pueden localizarse otros fragmentos, aunque de tamaños más pequeños, los cuales pueden incluirse dentro de un proyecto de manejo de los fragmentos (Fig.3).

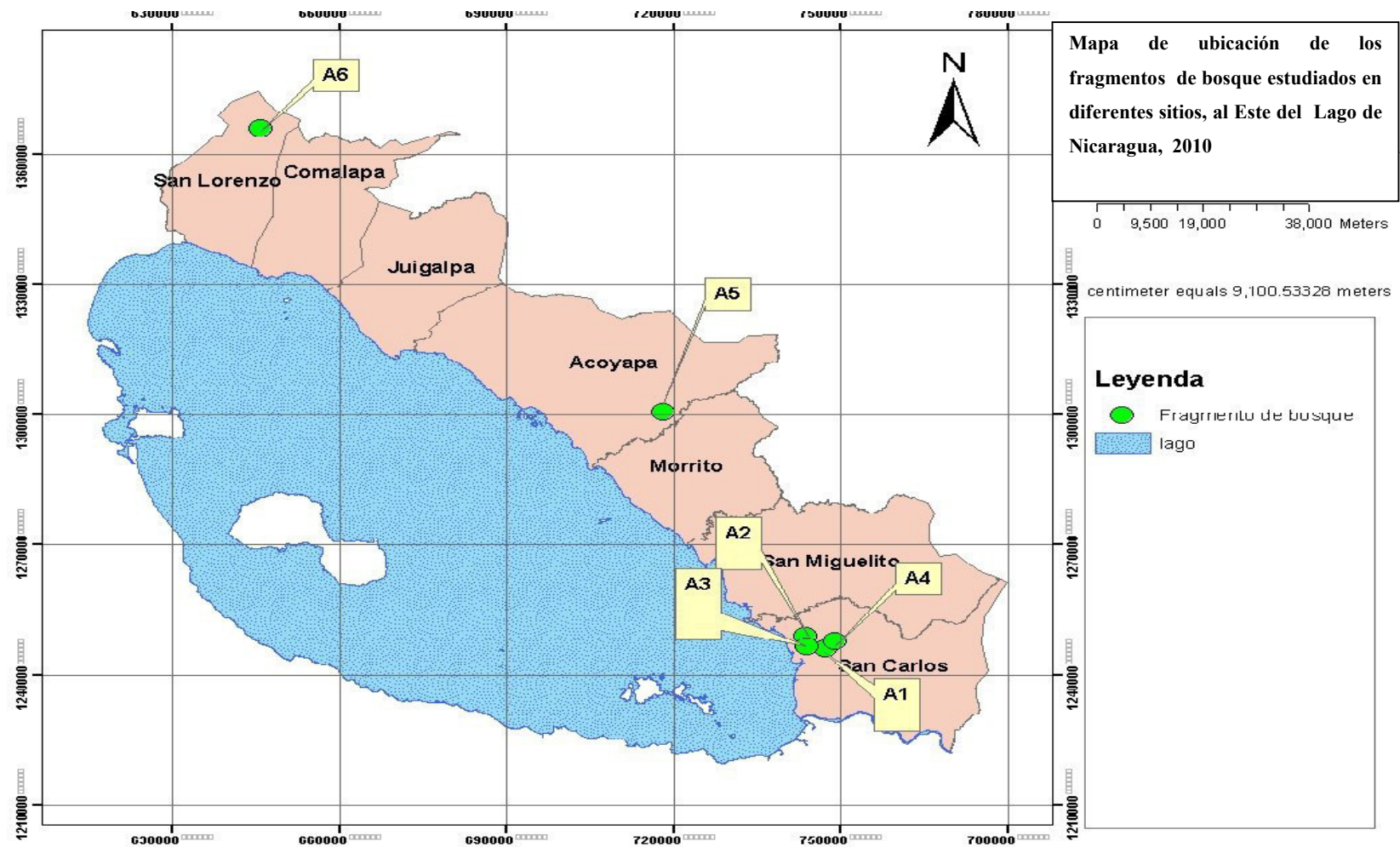


Figura 3. Ubicación general de los fragmentos de bosque estudiados en los diferentes sitios del subsistema de Cuenca Lago Cocibolca, Nicaragua, 2010

### **6.1.1. El estado ecológico actual de las áreas de bosque estudiadas**

Todos los fragmentos de bosque estudiados son bosques secundarios, por la observación in situ de las especies predominantes las cuales en su mayoría son especies pioneras, tales como *Guazuma ulmifolia*, *Cecropia peltata*, *Apeiba tiborbou*, entre otras que son presentadas en listados de especies por fragmento (anexo 7)

Los fragmentos de bosque, están ubicados cerca de comunidades humanas, dentro de fincas dedicadas a la agricultura y a la ganadería (Figura 12). Estas actividades ejercen presión sobre las áreas de bosque, por lo que estos presentan diferentes grados y tipos de perturbación, tales como caminos por donde circulan personas, acceso de ganado a las áreas de bosque, incidencia de incendios forestales, durante la época seca. Un aspecto importante para efectos de conservación, es que todos los fragmentos de bosque estudiados se encuentran cercanos a otras áreas de bosque de tamaños y características homólogas al fragmento.

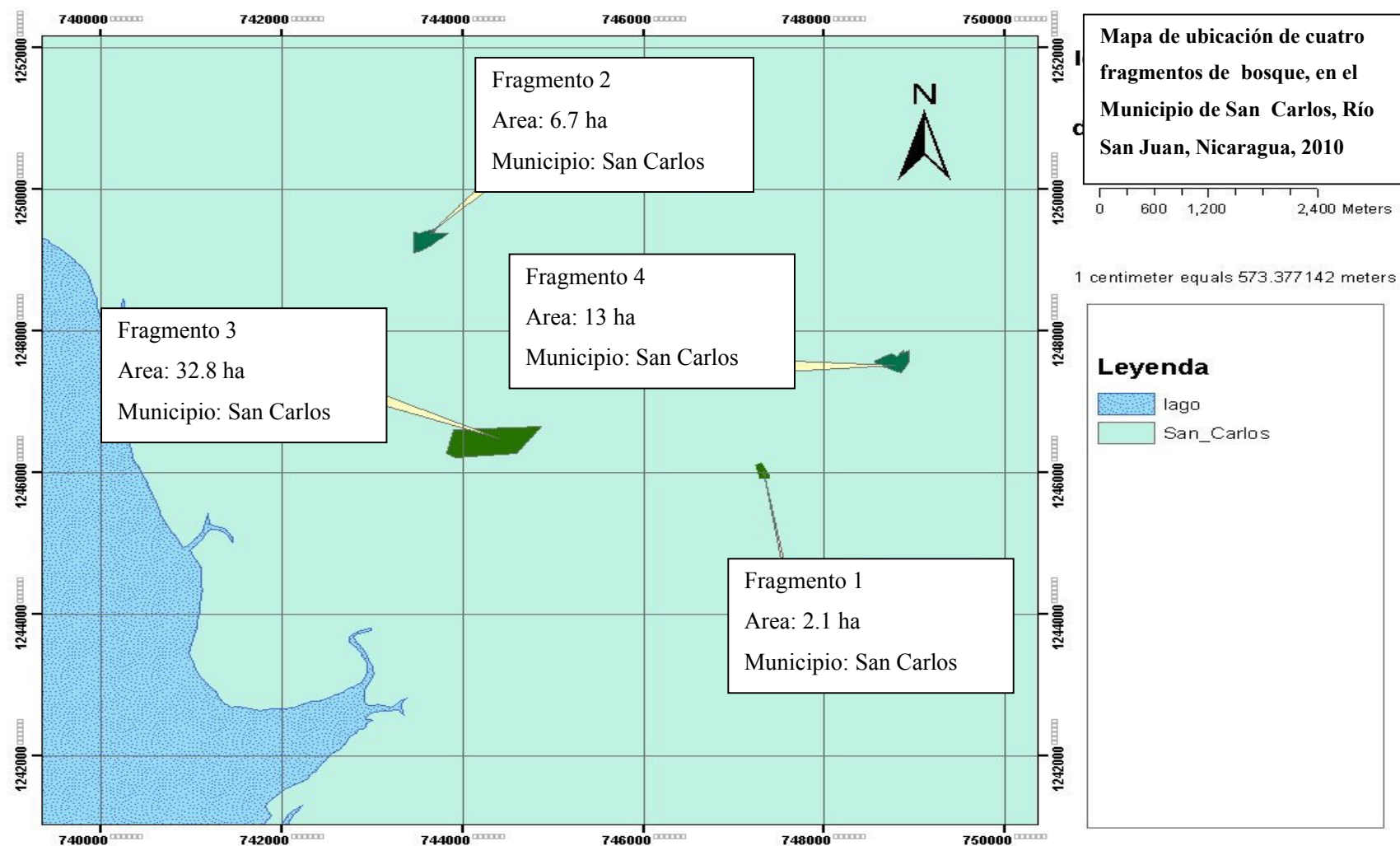


Figura 4. Ubicación detallada de los fragmentos de bosque 1, 2, 3 y 4 en el subsistema de Cuenca Lago Cocibolca, Nicaragua, 2010

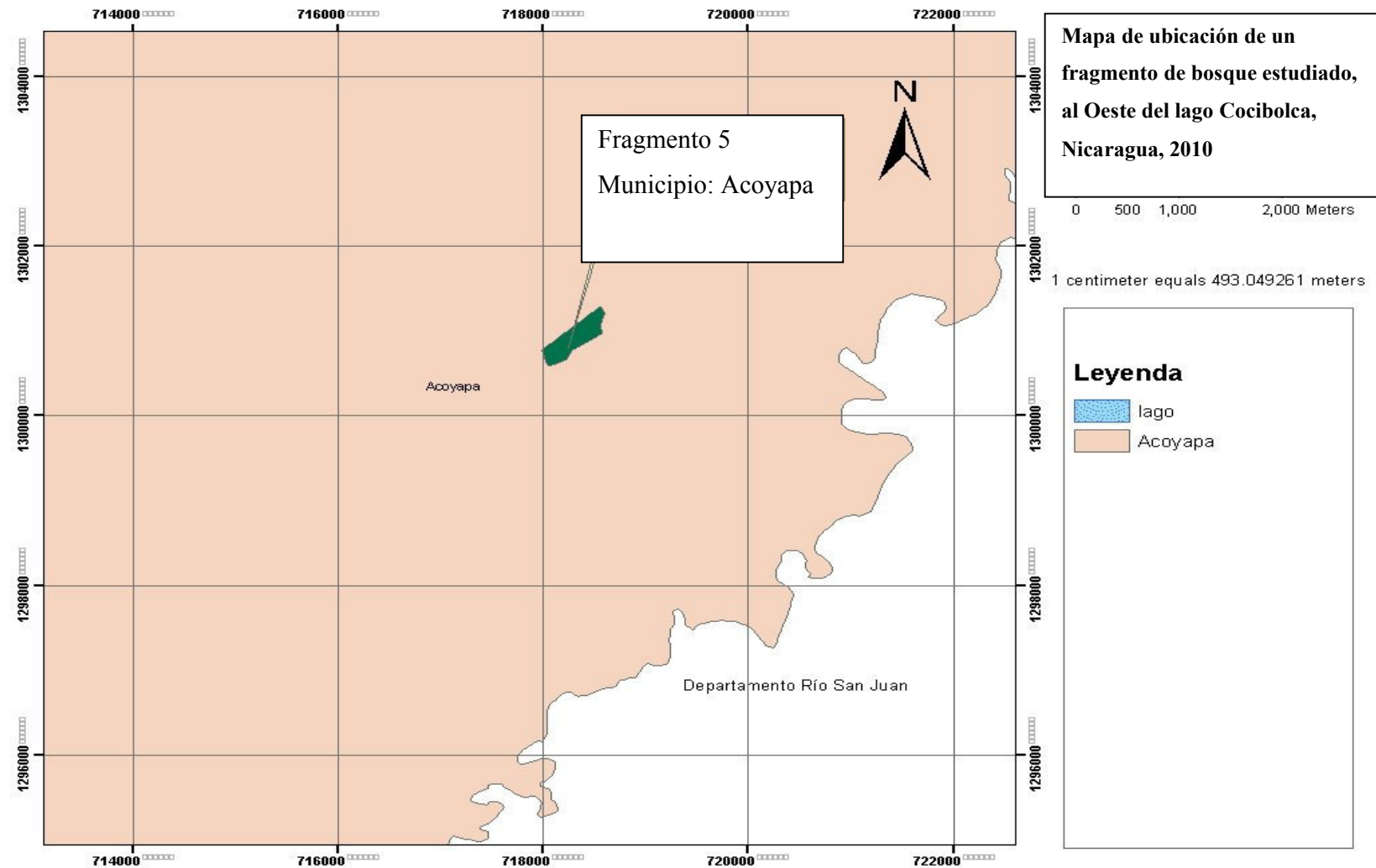


Figura 5. Ubicación detallada del fragmento de bosque 5, en el subsistema de Cuenca Lago Cocibolca, Nicaragua, 2010

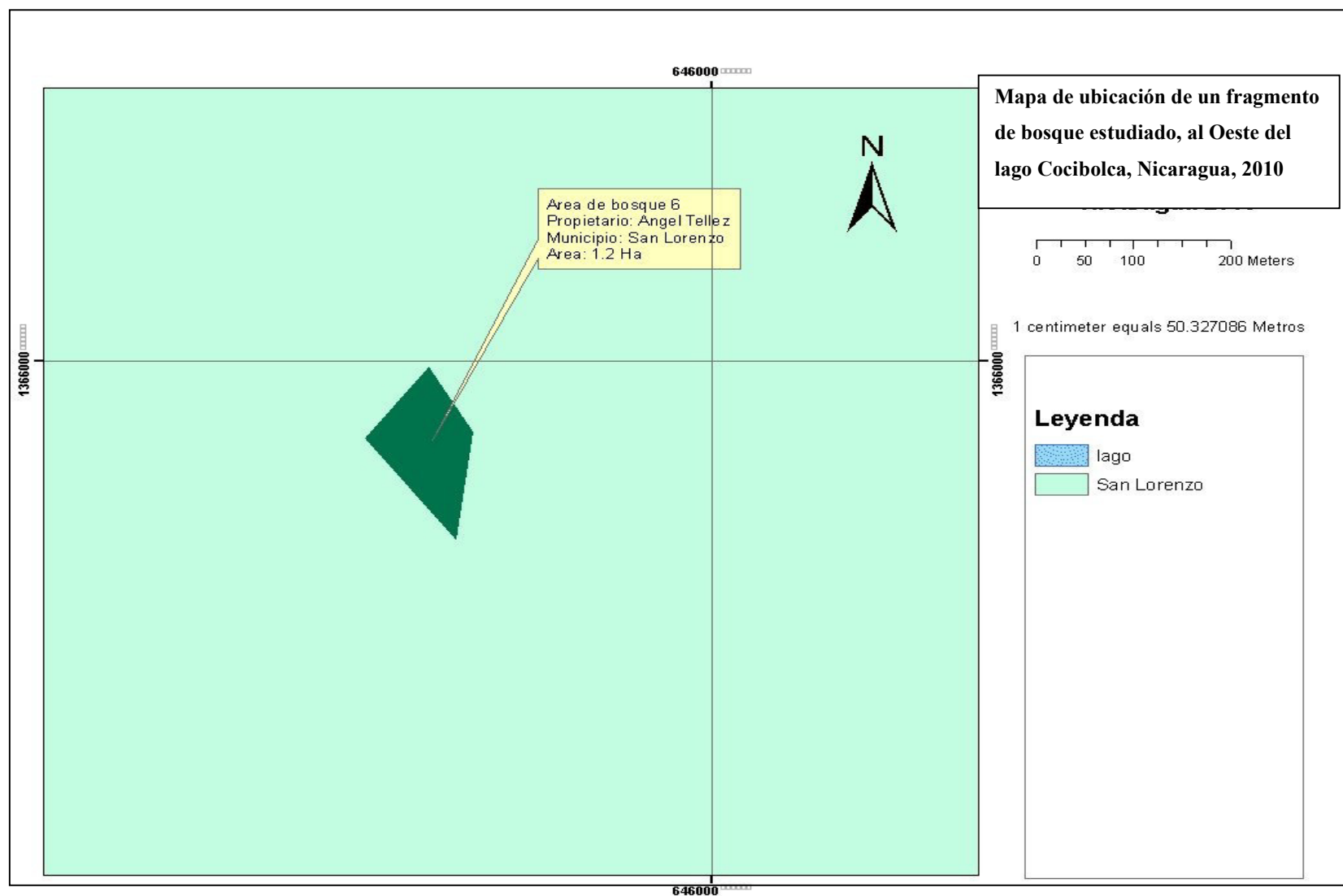


Figura 6. Ubicación detallada del fragmento de bosque 6, en el subsistema de Cuenca Lago Cocibolca, Nicaragua, 2010



## 6. 2. Diversidad alfa de especies forestales

### 6.2.1. Especies estimadas para el total de los fragmentos estudiados

En base al muestreo de especies arbóreas realizado en los fragmentos de bosque, pudo estimarse que la eficiencia muestral alcanza hasta el 90%. Se obtuvo información para 657 taxas de un total esperado de 250 especies. La figura 7 muestra las curvas de acumulación de especies del muestreo en la zona.

El estimador Chao1, predice que pueden encontrarse hasta 250 diferentes especies de árboles y arbustos (Fig.7), mientras que el estimador basado en cobertura de incidencia ICE, predice que existen 125 especies, en total en los fragmentos de bosque estudiados (Fig.7), y coincide con el estimador basado en cobertura de abundancia ACE, que también predice 125 especies diferentes.

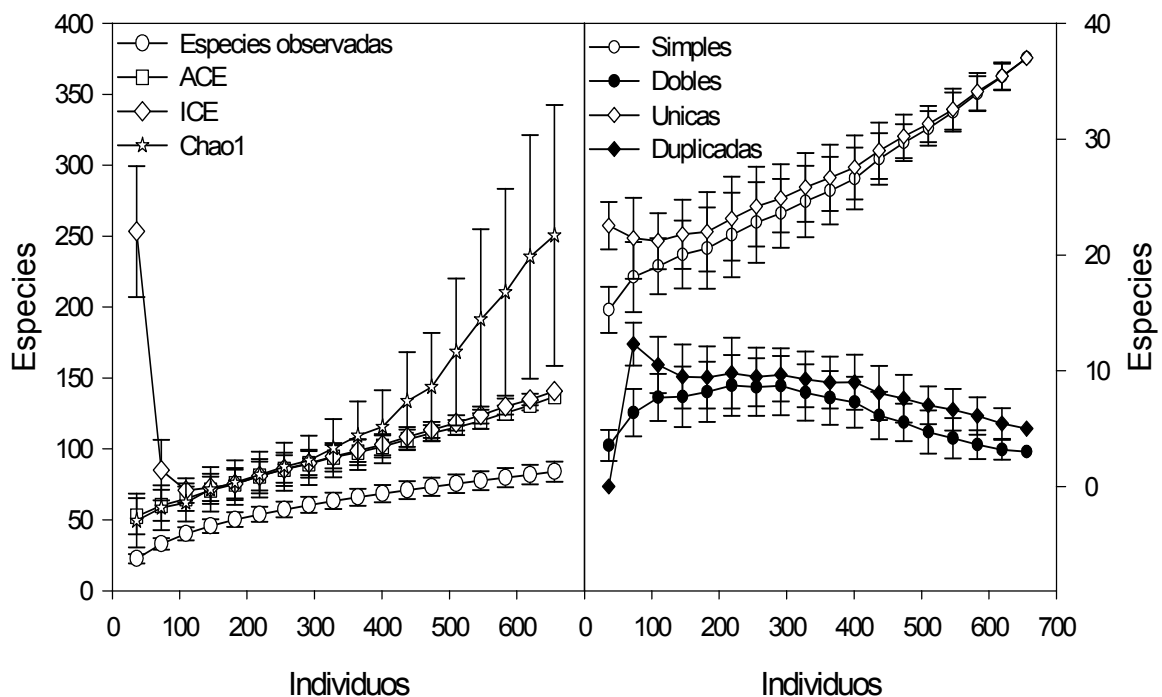


Figura 7. Estimadores de diversidad alfa: Chao1, ACE, ICE, para los fragmentos de bosque encontrados al Este del subsistema de Cuenca Lago Cocibolca, Nicaragua, 2010

De acuerdo a estos resultados, para el total de área muestreada, los tres índices sugieren que la asíntota tiende a estabilizarse. Es decir, que aunque el área muestreada se incrementara, no encontraríamos nuevas especies que las que se han predicho, máximo 250 en el caso de chao1. Esto puede explicarse dado que si se observa el lado derecho de la figura 7, los individuos dobles y duplicados tienden a disminuir, en tanto que los individuos simples y únicos tienden a aumentar, es decir disminuye la probabilidad de encontrar nuevas especies, aun que se aumente el área muestreada.

En el campo pudo observarse que muchas especies que contribuyen a la diversidad de especies de árboles y arbustos, en realidad están representadas por uno o dos individuos (tabla 5). Las mayorías de estas especies están dentro del rango de su distribución natural, por lo que deberían estar representadas por una mayor frecuencia de individuos, no obstante no sucede así. Muchas de estas especies, son especies forestales tienen el potencial para brindar beneficios maderables y no maderables al productor, y precisamente esta sea posiblemente una de las causas de la reducción de la frecuencia con que aparecen los individuos de esas especies.

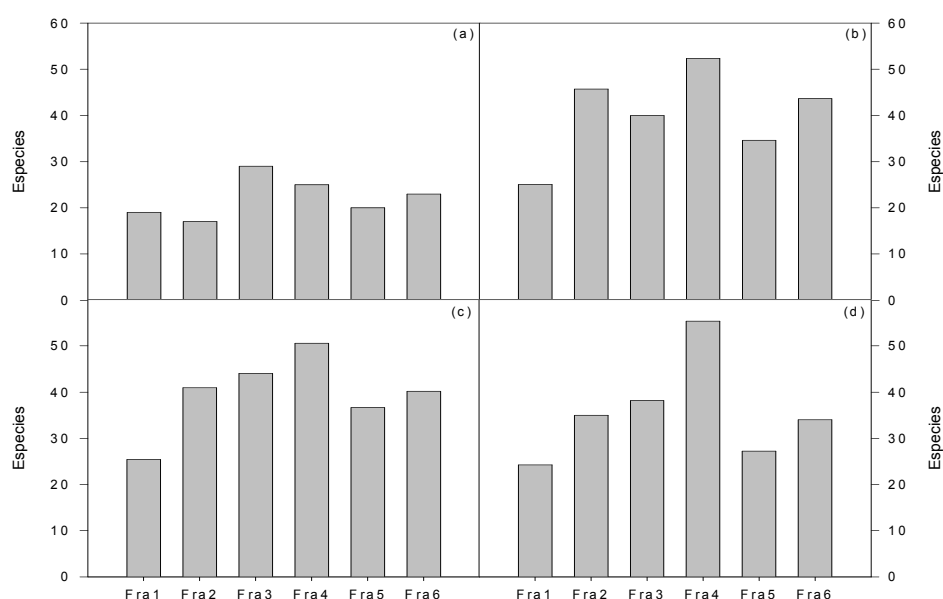
Sin embargo, siendo optimistas, los resultados sugieren que estos fragmentos de bosque aún conservan una considerable diversidad de especies forestales. De acuerdo CATIE (2001), los bosques tropicales rara vez presentan menos de 40 especies arbóreas por hectárea, y en bosques tropicales de Costa Rica, se han encontrado más de 100 especies arbóreas por hectárea. Esto indica que la diversidad de especies de los fragmentos de bosque estudiados, a pesar de las fuertes presiones a que están siendo sometidos, aún albergan una importante cantidad de especies forestales.

### **6.2.2. Especies estimadas para cada fragmento de bosque estudiado**

En base a las especies observadas en cada fragmento de bosque, y en base a los principios en los que se basan los estimadores ACE, ICE, y Chao1, el índice ACE, predice el mayor número de especies para el fragmento 4, prediciendo 54 especies (fig.8b), mientras que ICE, coincide en que el fragmento 4 es el más diverso, estimando 50 especies. Por su parte Chao1 confirma que el fragmento 4 es el más diverso, estimando para este, 55 especies forestales (fig.8d).

Los estimadores ICE, y Chao1 coinciden en que el fragmento 3 ocupa el segundo lugar en cuanto a riqueza de especies, estimando 40 y 45 especies respectivamente. Ambos estimadores difieren en la estimación que realiza ACE, para el fragmento 3, el cual ubica al fragmento 2 en segundo lugar de riqueza de especies de árboles y arbustos, para el cual estima 45 especies (fig.8b). Estos tres estimadores coinciden en que el fragmento 1 es el menos diverso, coincidiendo en que su riqueza de especies de árboles y arbustos no va más allá de 25 especies diferentes.

Estos resultados, sugieren que los fragmentos de bosque 2, 4, 5 y 6 todavía conservan una importante diversidad de especies forestales, sin embargo esta diversidad se encuentra cercana al número mínimo de especies que teóricamente podría esperarse en un bosque tropical. El CATIE (2003) habla de que, en los bosques tropicales rara vez se encuentra menos de 40 especies forestales por hectárea. En el presente estudio, este es el caso del fragmento de bosque 1, el cual únicamente presenta 25 diferentes especies forestales.

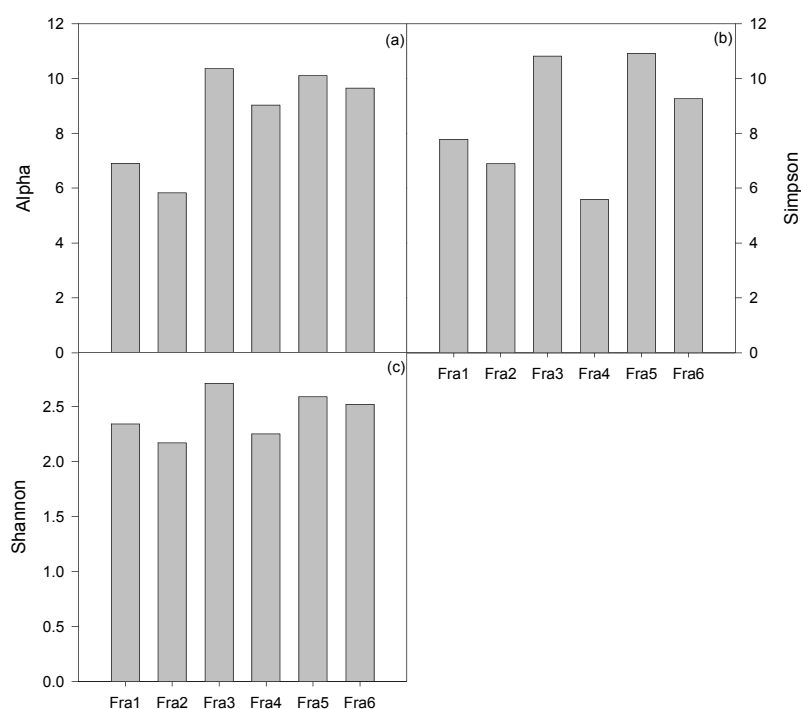


**Figura 8. Especies observadas (a), especies estimadas por ACE (b), ICE (c) y Chao1 (d), para seis fragmentos de bosque encontrados en el sector Este del subsistema de Cuenca “Lago Cocibolca,” Nicaragua, 2010**

### **6.2.3. Índices de diversidad Alpha, Simpson y Shannon, para los fragmento de bosque estudiados**

Los índices Alpha, Simpson y Shannon coinciden en que los fragmentos de bosque 3, 5 y 6 presentan la mayor abundancia de especies, mientras que encuentran a los fragmentos 1, 2 y 4 como los fragmentos de bosque con la menor abundancia de especies de árboles y arbustos forestales (fig.9 a).

Dado que la distancia entre los fragmentos es considerable (los fragmentos estudiados más cercanos se encuentran aproximadamente a 10 kilómetros de distancia uno del otro), y que el muestreo fue realizado de forma intencional dentro de cada fragmento, se descarta la posibilidad de sesgo de esta naturaleza en el levantamiento de la información.



**Figura 9. Índices de diversidad Alpha, Simpson y Shannon, para los fragmento de bosque encontrados en el sector Este del subsistema de cuenca “Lago Cocibolca,” Nicaragua, 2010**

### 6.3. La diversidad beta de los fragmentos de bosque estudiados

#### 6.3.1. Índices de diversidad beta

En este estudio, los índices de Jaccard y Sorensen, encuentran que los fragmentos de bosque 1 y 2, son los más similares, compartiendo 9 especies. Las especies compartidas por estos dos fragmentos de bosque son: *Albizia saman* (Jac.) Muell, *Apeiba tiborbou* Aubl. *Cecropia peltata* L, *Cordia alliodora* (R.&P.) Oken., *Guazuma ulmifolia*, *Inga Spp*, *Lonchocarpus spp1*, *Lonchocarpus spp2*, *Spondias mombis* L.

(Donn.Sm.) Pittier

Mientras que ubican a los fragmentos 3 y 4 en segundo lugar, compartiendo sin embargo 11 especies. Las especies compartidas por estos dos fragmentos de bosque son: *Acacia collinsii* Saff, *Bursera simarouba* (L.) Sarg, *Cecropia peltata* L, *Ceiba pentandra*, *Guazuma ulmifolia* Lam, *Lonchocarpus costarricense* (Donn.Sm) Pittier, *Morinda panamensis*, *Sapium glandulosum* (L.) Morong, *Stemmadenia donnell-smithii* (Rose) Woodson, *Tabebuia rosea* (Vertol.) DC, *Trichilia martiana* C. DC.

En un estudio realizado por Moraes (2001) en San Carlos Rio San Juan, realizado en la misma zona del presente estudios encontró que las especies más importantes son *Guazuma ulmifolia*, *Calycophyllum candidissimum* (Vahl) DC, *Cecropia peltata* L, *Luehea seemanni* Triana & Planch, y *Spondias mombis* L (tabla 3).

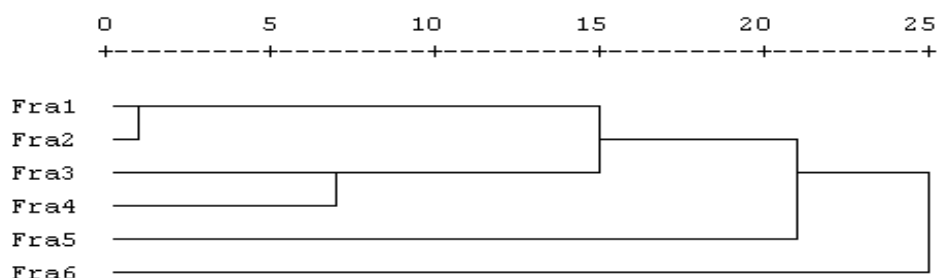
La mayoría de estas especies son típicas de bosque secundarios, entre ellas se encuentran heliófitas efímeras, que según CATIE (2001), son especies intolerantes a la sombra, por ejemplo *Cecropia peltata* L, *Guazuma ulmifolia* Lam.. También se encuentran heliófitas durables, las cuales son especies intolerantes a la sombra pero que tienen una vida relativamente larga, por ejemplo *Tabebuia rosea* (tabla 4).

En la tabla siguiente se presentan los índices de Jaccard y Sorensen. Mediante la comparación del número de especies compartidas por cada par de fragmentos de bosque, estos índices estiman el nivel de similitud entre dichos fragmentos, en término de composición de especies.

**Tabla 4. Índices de similitud, para los diferentes fragmentos de bosque encontrados en el sector Este del subsistema de cuenca “Lago Cocibolca,” Nicaragua, 2010**

Fragmento de bosque	Fragmento de bosque	Especies compartidas	Jaccard	Sorensen
1	2	9	<b>0.33</b>	<b>0.50</b>
1	3	9	0.23	0.38
1	4	7	0.19	0.33
1	5	3	0.08	0.15
1	6	2	0.05	0.10
2	3	7	0.18	0.30
2	4	4	0.11	0.20
2	5	4	0.12	0.22
2	6	2	0.05	0.10
3	4	11	<b>0.26</b>	<b>0.42</b>
3	5	6	0.14	0.25
3	6	2	0.04	0.08
4	5	5	0.13	0.23
4	6	5	0.12	0.21
5	6	3	0.08	0.14

El análisis de *Cluster* mostró dos grupos principales (fig.10). El primer grupo está conformado por los fragmentos de bosque 1, 2, 3,4 y 5. El segundo únicamente por el fragmento 6. Este análisis se presenta a continuación:



**Figura 10. Dendrograma de similaridad entre los diferentes fragmentos de bosque encontrados en el sector Este del subsistema de Cuenca “Lago Cocibolca,” Nicaragua, 2010**

Un análisis desde el punto de vista biológico evidencia que estos resultados son perfectamente compatibles con las zonas de vida de Holdrige (1997), según las cuales, los fragmentos de bosque 1, 2, 3, y 4 están localizados en la zona de bosque húmedo tropical. El fragmento de bosque 5 está en la zona de bosque sub húmedo tropical, mientras que fragmento de bosque 6 está ubicado en la zona de bosque seco tropical.

Como puede observarse en la tabla 3, los seis fragmentos de bosque, en términos de composición de especies se complementan, es decir, generalizando es bajo el número de especies que comparten. Únicamente los fragmentos de bosque 3 y 4 comparten 11 especies.

Al respecto Guariguata & Kattan (2003), en términos de fragmentación, argumentan que entre más grande es el área, existirán más especies, y que en islas, hay un equilibrio entre la tasa de extinción y la tasa de colonización y eso define la diversidad de un lugar. Las áreas pequeñas son susceptibles a ser afectadas por un desastre natural que pueda abarcar toda el área y desaparezcan todas las especies. También puede darse la endogamia cuando existen menos de 50 especies.

MARN (2006) afirma que una disminución en el tamaño y número de los parches de ecosistemas naturales aumenta la probabilidad de ocurrencia de extinciones locales,

mientras que una disminución en la conectividad puede afectar negativamente la persistencia de una especie en la región. Por eso, existe una justificación empírica para manejar paisajes completos con el fin de asegurar el mantenimiento de la biodiversidad, y no solamente hábitats o ecosistemas aislados.

Por lo tanto, los resultados de este estudio, que encuentra pocas especies compartidas entre los fragmentos, sugiere que sería una buena opción de conservación, mantener la mayor cantidad posible número de pequeños fragmentos que en su conjunto contengan la mayor diversidad posible, y no solo pensar en que dos o tres fragmentos mayores pueden proteger y conservar la diversidad y la funcionalidad ecosistémica.

Esto puede ser complementado con estrategias de conectividad entre los fragmentos de bosque, tal como la implementación de Sistemas agroforestales en las áreas donde el productor ha destinado para la agricultura y ganadería.

## **6.4. Análisis de la estructura**

### **6.4.1. Número de individuos por hectárea**

El fragmento de bosque 3, presenta la mayor densidad, estimando que existen 550 individuos/ha, en segundo lugar el fragmento de bosque 4, con una densidad de 450 individuos/ hectárea. El menor número de individuos, lo presenta el fragmento de bosque 5 estimándose para este 200 individuos/ha (Fig.11).

Los resultados del presente estudio, en términos de densidad, son muy congruentes con un estudio realizado por Moraes (2001) en San Carlos, Rio San Juan, quien encontró que la densidad promedio de árboles por bosque, varió de 152 a 870 individuos/ha, en bosques de edades similares al de la presente investigación.

Mientras que Gillespie *et al* (2000), en su estudio sobre la diversidad, composición y estructura del bosque seco tropical en Centro América, estudiaron siete áreas de bosque bajo conservación encontraron valores desde 1,500 individuos/ha en Ometepe, 2,430 individuos/ha en Masaya y 2,150 individuos/ha en Chococente. Estos resultados difieren mucho de los resultados del presente estudio, y es razonable atribuir esta diferencia al



hecho de que Gillespie *et al* (2000) estudiaron bosques bajo conservación, a diferencia de los fragmentos de bosque del presente estudio, fuertemente perturbados.

A continuación son presentadas las especies encontradas en cada uno de los fragmentos de bosque estudiados:

**Tabla 5. Frecuencia de especies encontradas en el fragmento de bosque 1**

Nombre común	Nombre científico	Familia	Frecuencia
Genízaro	<i>Albizia saman</i>	Mimosaseae	3
Peine de mico	<i>Apeiba tiborbou</i>	Tiliaceae	1
Madroño	<i>Calycophyllum candidissimum</i>	Rubiaceae	18
Guarumo	<i>Cecropia peltata</i>	Cecropiaceae	2
Ceiba	<i>Ceiba pentandra</i>	Bombacaceae	1
Laurel negro	<i>Cordia alliodora</i>	Boraginaceae	4
Guacalmanono	<i>Cordia panamensis</i>	Boraginaceae	1
Chocoyo	<i>Diospyros salicifolia</i>	Ebenaceae	1
Guácimo de ternero	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Sterculiaceae	1
Guaba	<i>Inga Spp</i>	Mimosaseae	2
Pellejo de toro	<i>Lonchocarpus latifolius</i>	Fabaceae	2
Pellejo de vieja	<i>Lonchocarpus phaseolifolius</i>	Fabaceae	7
Guácimo colorado	<i>Luhea seemannii</i>	Tiliaceae	3
Leche de sapo	<i>Sapium macrocarpum</i>	Euphorbiaceae	3
Jocote jobo	<i>Spondias mombis</i>	Anacardiaceae	24
Cachito	<i>Stemmadenia spp</i>	Apocynaceae	1
Mata piojo	<i>Trichilia martiana</i>	Meliaceae	1
Zorro	<i>Zanthoxylum aff panamensis</i>	Rutaceae	8
Lagarto	<i>Zanthoxylum setulosum</i>	Rutaceae	18

En la tabla 5, puede observarse que, en el fragmento de bosque 1, las especies que aparecen con mayor frecuencia son *Calycophyllum candidissimum* (Vahl) DC, *Spondias mombi* L y *Zanthoxylum setulosum* (L.) Sarg. Por lo tanto estas especies aún no tienen problemas de conservación. Sin embargo, a mediano y largo plazo la especie *Calycophyllum candidissimum* (Vahl) DC es posible que resulte afectada puesto que en la zona es utilizada para leña. En este mismo fragmento de bosque, las especies con valor comercial que presentan menores frecuencias de aparición y por tanto son un problema de conservación son principalmente *Ceiba pentandra* , (L.) Gaertn, *Cordia panamensis* Riley.

En la tabla 6, son presentadas las frecuencias de aparición de las especies. Puede observarse que las especies que presentan mayor frecuencia son *Guazuma ulmifolia* Lam, seguido de *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Cham.. En tanto que varias de las especies presentan una menor frecuencia. La especie *Albizia saman* que tiene valor comercial, presenta una baja frecuencia de aparición, por lo tanto es un problema para la conservación.

**Tabla 6. Frecuencia de especies encontradas en el fragmento de bosque 2**

Nombre comun	Nombre científico	Familia	Frecuencia
Carbon	<i>Acacia cornigera</i>	Mimosaceae	1
Chaperno	<i>Albizia adinocephala</i>	Mimosaceae	6
Guanacaste blanco	<i>Albizia saman</i>	Mimosaceae	1
Peine de mico	<i>Apeiba tiborbou</i>	Tiliaceae	14
Palo overo	<i>Astronium graveolens</i>	Anacardiaceae	1
Ojoche	<i>Brosimum Spp</i>	Moraceae	1
Jiñocuabo	<i>Bursera simarouba</i>	Anacardiaceae	1
Cerito	<i>Casearia corymbosa</i>	Flacourtiaceae	1
Guarumo	<i>Cecropia peltata</i>	Cecropiaceae	3
Poro-poro	<i>Cochlospermum vitifolium</i>	Cochlospermaceae	13
Laurel negro	<i>Cordia alliodora</i>	Boraginaceae	17
Guácimo de ternero	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Sterculiaceae	28
Guaba	<i>Inga Spp</i>	Mimosaceae	2
Chaperno	<i>Lonchocarpus parviflorus</i>	Fabaceae	1
Chaperno negro	<i>Lonchocarpus minimiflorus</i>	Fabaceae	1
Caucho arepero	<i>Sorocea pubivena</i>	Moraceae	1
Jocote jobo	<i>Spondias mombis</i>	Anacardiaceae	10

En el caso del fragmento de bosque 3, las especies con mayor frecuencia son *Cecropia peltata* L, *Stemmadenia donnell-smithii* y *Acacia collinsii* (tabla 7). Estas especies no constituyen un problema de conservación, pero sí son un problema de conservación muchas especies que aparecen con una baja frecuencia y que además son especies de valor comercial, puede observarse en la tabla 7, que estas son *Albizia sp*, *Cederia odorata* y *Zanthoxylum setulosum*.

En la tabla 8, puede observarse el fragmento 4, en donde la especie con mayor frecuencia es el mangle (*Bravaisia integrerrima*). Sin embargo, esta es una especie que fue observada únicamente en este fragmento de bosque, dado que presenta características de relieve especiales. Es un terreno plano, cerca de lago de Nicaragua, y que durante toda la temporada lluviosa permanece encharcado. Por lo tanto, puede considerarse un problema de conservación, dado que no se distribuyen en toda el área. Es importante destacar el área de este fragmento funciona como un humedal, absorbiendo el agua de las precipitaciones y evitando inundaciones en la zona. La

especies con valor económico y que aparecen con muy baja frecuencia son: *Andira inermes*, *Ocotea* *Sp*, *Albizia* *s* y la especie *Anacardium excelsum*.

**Tabla 7. Frecuencia de especies encontradas en el fragmento de bosque 3**

<b>Nombre común</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Familia</b>	<b>Frecuencia</b>
Cornizuelo	<i>Acacia collinsii</i>	Mimosaceae	20
Chaperno	<i>Albizia adinocephala</i>	Mimosaceae	3
Gavilán	<i>Albizia spp</i>	Mimosaceae	1
Peine de mico	<i>Apeiba tiborbou</i>	Tiliaceae	1
Jiñouabo	<i>Bursera simarouba</i>	Tiliaceae	6
Limoncillo	<i>Capparis discolor</i>	Cappareaceae	1
Guarumo	<i>Cecropia peltata</i>	Cecropiaceae	29
Cedro real	<i>Cedrella odorata</i>	Meliaceae	1
Ceiba	<i>Ceiba pentandra</i>	Bombacaceae	2
Aguacate negro	<i>Cinnamomum triplenerve</i>	Lauraceae	12
Papaturro	<i>Coccoloba tuerkheimii</i>	Polygonaceae	1
Laurel negro	<i>Cordia alliodora</i>	Boraginaceae	3
Guanacaste de oreja	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Mimosaceae	6
Guácimo de ternero	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Sterculiaceae	13
Chaperno negro	<i>Lonchocarpus costarricense</i>	Fabaceae	1
Palo amarillo	<i>Maclura ticntorea</i>	Moracea	2
Capirote casposo	<i>Miconia argentea</i>	Melastomataceae	4
Morinda	<i>Morinda panamensis</i>	Rubiaceae	3
Jicarillo	<i>Psychotria sp</i>	Rubiaceae	2
Cruceto	<i>Randia armata</i>	Rubiaceae	2
Jicarillo	<i>Randia spp</i>	Rubiaceae	1
Yos	<i>Sapium glandulosum</i>	Euphorbiaceae	7
Jocote jobo	<i>Spondias mombis</i>	Anacardiaceae	2
Cachito	<i>Stemmadenia donnell-smithii</i>	Apocynaceae	27
Macuelizo	<i>Tabebuia rosea</i>	Bignoniaceae	2
Manteco	<i>Trichilia martiana</i>	Meliaceae	7
Limoncillo	<i>Trichilia spp</i>	Meliaceae	1
Lagarto	<i>Zanthoxylum setulosum</i>	Rutaceae	1

**Tabla 8. Frecuencia de especies encontradas en el fragmento de bosque 4**

<b>Nombre común</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Familia</b>	<b>Frecuencia</b>
Cornizuelo	<i>Acacia collinsii</i>	Mimosaceae	11
Espino blanco	<i>Adelia triloba</i>	Euphorbiaceae	1
Almendro de río	<i>Andira inermis</i>	Fabaceae	1
Espavel	<i>Anacardium excelsum</i>	Anacardiaceae	1
Macuelizo	<i>Tabebuia rosea</i>	Bignonaceae	1
Mangle blanco	<i>Bravaisia integerrima</i>	Acanthaceae	48
Jiñocuabo	<i>Bursera simarouba</i>	Burceraceae	1
Madroño	<i>Calycophyllum candidissimum</i>	Rubiaceae	1
Guarumo	<i>Cecropia peltata</i>	Cecropiaceae	1
Ceiba	<i>Ceiba pentandra</i>	Bombacaceae	2
Papaturro	<i>Coccoloba tuerkheimii</i>	Polygonaceae	1
Zapote de mico	<i>Couroupita nicaraguarensis</i>	Lecythidaceae	1
Copalchil	<i>Croton shideanus</i>	Euphorbiaceae	1
Copalchil	<i>Croton sp</i>	Euphorbiaceae	1
Matapalo	<i>Ficus sp</i>	Moraceae	3
Guácimo de ternero	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Sterculiaceae	5
Chaperno negro	<i>Lonchocarpus costarricense</i>	Fabaceae	2
Guácimo	<i>Luhea seemannii</i>	Tiliaceae	5
Noni	<i>Morinda panamensis</i>	Rubiaceae	3
Aguacate de monte	<i>Ocotea sp</i>	Lauraceae	1
Yos	<i>Sapium glandulosum</i>	Euphorbiaceae	3
Jocote jobo	<i>Spondias mombis</i>	Anacardiaceae	13
Cahíto	<i>Stemmadenia donnell-smithii</i>	Apocynaceae	1
Manteco	<i>Trichilia martiana</i>	Meliaceae	26
Espina de brujo	<i>Xilosma chlorantha</i>	Flacourtiaceae	1

En la tabla 9. puede visualizarse que en el fragmento de bosque 5, las especies que presentan la mayor frecuencia son *Trichilia cuachijuga* y *Guazuma ulmifolia*. En cambio se tienen aquí especies que poseen valor comercial pero que además se encuentran con muy bajas frecuencias, estas son: *Dalbergia retusa* y *Tabebuia rosea*.

**Tabla 9. Frecuencia de especies encontradas en el fragmento de bosque 5**

<b>Nombre común</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Familia</b>	<b>Frecuencia</b>
cornizuelo	<i>Acacia collinsii</i>	Mimosaceae	4
Peine de mico	<i>Apeiba membranacea</i>	Tiliaceae	5
Palo de arco	<i>Apoplanesia paniculata</i>	Fabaceae	4
Cerito	<i>Cacearea sp</i>	Flacourtiaceae	1
Guarumo	<i>Cecropia peltata</i>	Cecropiaceae	1
Papaturro	<i>Coccoloba tuerkheimii</i>	Poligonaceae	5
Poro-poro	<i>Cochlospermum vitifolium</i>	Bixaceae	2
Muñeco	<i>Cordia collococca</i>	Boraginaceae	1
Laurel	<i>Cordia sp1</i>	Boraginaceae	2
Muñeco	<i>Cordia sp2</i>	Boraginaceae	1
Ñambar	<i>Dalbergia retusa</i>	Fabaceae	1
Cola de pava	<i>Guarea glabra</i>	Fabaceae	5
Guácimo de ternero	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Sterculiaceae	8
Sota Caballo	<i>Pithecelobium longifolium</i>	Mimosaceae	1
Tocón caspi	<i>Ryania speciosa</i>	Flacourtiaceae	1
Jaboncillo	<i>Sapindus saponaria</i>	Sapindaceae	2
Palanco	<i>Saprantus palanga</i>	Anonaceae	1
Jocote jobo	<i>Spondias mombis</i>	Anacardiaceae	2
Macuelizo	<i>Tabebuia rosea</i>	Bignonaceae	1
Culebro	<i>Trichilia quadrijuga</i>	Meliaceae	15

En la tabla 10, se tiene que en el fragmento de bosque 6, las especies con mayores frecuencias son: *Diospyros salicifolia* y *Tabebuia sp.* Estas no constituyen un problema de conservación. Por otro lado las especies que aparecen con una mayor frecuencia y que además poseen valor económico son: *Enterolobium sp.*, *Platymicium sp.*

En general, todos los fragmentos de bosques exhiben especies con una frecuencia baja, que pueden considerarse como un problema que debe tratar de resolverse con un programa de conservación, especialmente aquellas especies que por su valor económico intrínseco, ya sea para leña o madera, presentan la posibilidad de ser mayormente impactados por la extracción sin criterios técnicos y científicos.

**Tabla 10. Frecuencia de especies encontradas en el fragmento de bosque 6**

<b>Nombre comun</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Familia</b>	<b>Frecuencia</b>
Cornizuelo	<i>Acacia collinsii</i>	Mimosaceae	4
Jiñocuabo	<i>Bursera simarouba</i>	Burseraceae	1
Nacascolo	<i>Caesalpineia coriarea</i>	Caesalpinaceae	1
Poro-poro	<i>Cochlospermum vitifolium</i>	Apocynaceae	2
Laurel	<i>Cordia sp</i>	Bignonaceae	2
Copalchí	<i>Croton sp</i>	Bignonaceae	2
Chocoyito	<i>Diospyros salicifolia</i>	Ebenaceae	18
Guanacaste	<i>Enterolobium sp</i>	Fabaceae	1
Sabache	<i>Exostema caribeaum</i>	Rubiaceae	1
Mata palo	<i>Ficus sp</i>	Caesalpinaceae	2
Madero negro	<i>Gliricidia cepium</i>	Fabaceae	4
Guapinol	<i>Hymenea courbaril</i>	Caesalpinaceae	4
Guácimo de molenillo	<i>Luhea candida</i>	Tiliaceae	1
Guácimo colorado	<i>Luhea seemannii</i>	Tiliaceae	1
Arco	<i>Myrospermum frutecens</i>	Fabaceae	16
Escobillo	<i>Phyllostylon brasiliensis</i>	Ulmaceae	1
Coyote	<i>Platymiscium sp</i>	Fabaceae	1
Melón	<i>Schoepfia schreberi</i>	Olacaceae	1
Cahíto	<i>Stemmadenia obovata</i>	Apocynaceae	8
Cortéz	<i>Tabebuia spl</i>	Fabaceae	18
Guayabillo	<i>Thouinidia serrata</i>	Sapindaceae	1
Escobillo	<i>Thouinidium decandrum</i>	Sapindaceae	4
Manteco	<i>Trichilia americana</i>	Meliaceae	1

#### 6.4.2. Área basal por hectárea

En cuanto al área basal, el mayor valor lo presenta el fragmento de bosque 1 con 14 m<sup>2</sup>/ha, seguido del fragmento 3 con 13 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>. El menor valor de área basal lo presenta el fragmento de bosque 6, con 3 m<sup>2</sup>/ha (Fig.11).

Estos resultados son congruentes con Moraes (2001) quien en un estudio en San Carlos Río San Juan, para el área basal encontró que había diferencias significativas entre bosques, en función de la edad de estos, variando desde 1.9 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> en bosques de 6 años de edad hasta 37.7m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> en un bosque de 23 años de edad.

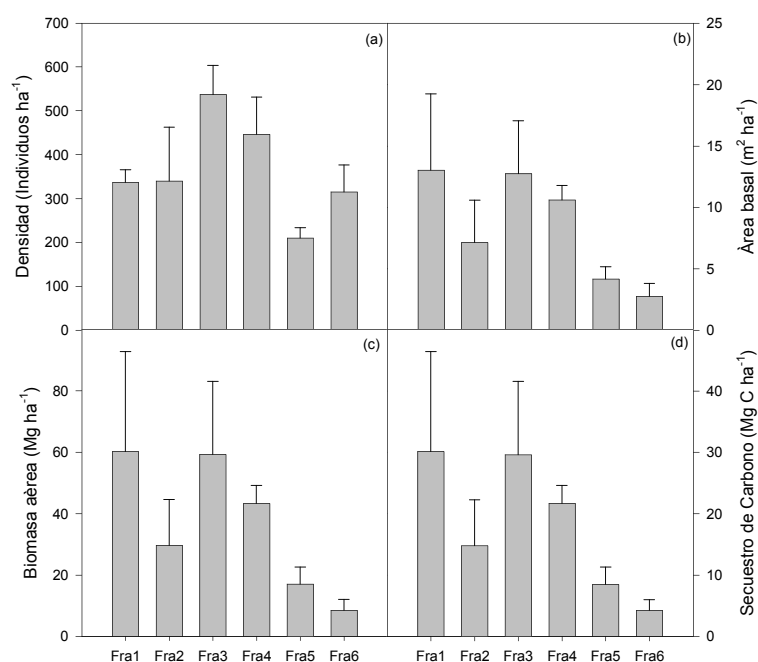
Los resultados del presente estudio respecto al área basal, son ligeramente inferiores a los reportados por Gillespie *et al* (2000), en su estudio sobre la diversidad, composición y

estructura del bosque seco tropical en Centro América, los cuales estudiaron siete áreas de bosque bajo conservación y encontraron valores desde 17.7 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> en la isla de Ometepe, hasta 21.2m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> en Masaya y Chococente. Es razonable atribuir esta diferencia al hecho de que las áreas estudiadas por Gillespie *et al* (2000) son áreas bajo conservación.

## 6.5. Potencial de almacenamiento de carbono

En cuanto a la biomasa, los fragmentos de bosque 1 y 3 son similares, presentando el mayor valor con 60 Mg.ha<sup>-1</sup>. El menor valor de biomasa lo presenta el fragmento de bosque 6, con 4 Mg.ha<sup>-1</sup> (Fig.11).

En cuanto al carbono almacenado en la biomasa hasta el momento de este estudio, los fragmentos de bosque 1 y 3, presentan el mayor potencial, y han almacenado 30 Mg de C/ Ha. El segundo lugar en cuanto a carbono almacenado lo presenta el fragmento de bosque 4, con 24 Mg de C.ha<sup>-1</sup> (fig.11).



**Figura 11. Densidad(a), área basal (b), biomasa aérea y carbono almacenado para cada fragmento de bosque encontrado en la zona Este del subsistema de Cuenca Lago Cocibolca**

Es totalmente razonable que los fragmentos de bosque 1, 3 y 4 presenten los mayores valores de biomasa y de carbono almacenado, pues estos fragmentos de bosque presentan

mayor edad, aproximadamente 30 años, de acuerdo a entrevista realizada a sus propietarios, por lo que se encuentran en un avanzado estado sucesional, y las especies presentes alcanzan diámetros hasta de 100 cm, y alturas hasta de 30 metros. En cambio el fragmento de bosque 2, si bien se ubica dentro de la zona de trópico húmedo, tiene aproximadamente 15 años de edad, y las especies presentes tienen pequeños diámetros y alturas (de 2- 20 cm DAP, y altura máxima de 10 m).

El fragmento de bosque 5, tiene aproximadamente 20 años de edad y ha acumulado 8 Mg de C.  $\text{Ha}^{-1}$ . Se ubica en la zona de transición del bosque tropical húmedo y el bosque seco tropical. Esta es la zona de Acoyapa, Chontales. Mientras que el fragmento de bosque 6, con la misma edad que el fragmento 5, ha acumulado solo 5 Mg de C. $\text{Ha}^{-1}$ , probablemente por encontrarse ubicado en la zona del bosque seco tropical, en San Lorenzo, Boaco. Este fragmento exhibe especies con diámetros entre 2-20 cm y alturas máximas de 5 metros.

Estos resultados son similares a los encontrados por Moraes (2001) en su estudio realizado en el municipio de San Carlos, en 12 parches de bosque secundario con edades de 6 a 25 años, en donde encontró valores que variaron de 7.3Mg de C. $\text{Ha}^{-1}$  en el bosque de 6 años de edad a 68.8 Mg de C. $\text{ha}^{-1}$  en un bosque de 10 años de edad.

En un estudio realizado por Arce *et al* (2008) en Costa Rica en fincas con Sistemas agroforestales y bosques secundarios, encontró que el carbono almacenado en los diferentes usos de la tierra fué similar en todas las comunidades (20-40 Mg de C. $\text{ha}^{-1}$ ). Estos resultados son similares al del presente estudio, especialmente los fragmentos de bosque 1, 3 y 4 que fijan de 24-30Mg de C. $\text{ha}^{-1}$ , sugiriendo que estos fragmentos de bosque, en cuanto a fijación de carbono son similares a los sistemas agroforestales.

Marenco et al (2009) estudiando la biomasa aérea en un bosque primario y uno secundario ubicados en el trópico seco de Nicaragua, encontraron para el bosque primario 430 Mg de C.  $\text{ha}^{-1}$ , mientras que para el bosque secundario 37 Mg. C/ $\text{ha}^{-1}$ . El presente estudio en cuanto a fijación de carbono difiere ampliamente del bosque primario, pero es muy similar al encontrado por Marenco et al (2009) para el bosque secundario.

Según la FAO (2005) la mayoría de los bosques sumideros de Carbono son bosques tropicales. El Carbono que está en sumideros superficiales varía entre 60 y 230 Mg de



C.ha-1 en bosques primarios, y entre 25 y 190 Mg de C.ha-1 en bosques secundarios. Los resultados del presente estudio demuestran que la productividad de estos fragmentos de bosque está dentro de lo mínimo esperado para bosques secundarios.

Los fragmentos de bosque 1, 3 y 4, geográficamente están cercanas una de la otra, por lo que puede considerarse su capacidad de captura de carbono, dentro de un proyecto de conservación (fig.4), sobre todo para buscar una integración de los servicios ambientales producidos por el bosque y la vegetación en general, dado que actualmente están siendo reconocidos cada vez más en la región centroamericana, los servicios ambientales como la protección de agua para consumo humano, biodiversidad, y contribución para resolver el problema del cambio climático mediante la captura de carbono.

Estos servicios son vitales para el desarrollo sostenible y es ahora que se están visualizando nuevos abordajes para asegurar la provisión de los mismos en el tiempo.

## **6.6. Composición florística**

De un total de 657 taxas para las que se obtuvo información directamente en campo, fueron encontradas 131 especies pertenecientes a 115 géneros agrupados en 103 familias. El fragmento de bosque 3 resultó con el mayor número de especies, géneros y familias, seguido del fragmento de bosque 4, mientras que el fragmento de bosque 2 resultó tener el menor número de especies, géneros y familias (tabla 4).

Las familias y géneros encontrados en estas seis áreas de bosque, son típicas de bosques secundarios, coincidiendo con el estudio de Moraes (2001) para la misma zona de estudio. El presente estudio también coincide con este mismo autor en que muchas de las familias encontradas presentan especies que tienen valor comercial, entre ellas *Cordia alliodora*, *Lonchocarpus sp*, *Tabebuia roseae*, *Albizia adinocephala*, *Albizia saman*, *Hymenaea courbaril*, *Platymicium sp*.

**Tabla 11. Familias, géneros y especies encontradas en cada fragmento de bosque estudiados, zona este del Lago Cocibolca, Nicaragua, 2010**

Fragmento	Familias	Géneros	Especies
Bosque 1	13	14	18
Bosque 2	14	14	16
Bosque 3	21	25	30
Bosque 4	24	24	26
Bosque 5	15	17	18
Bosque 6	16	21	23
<b>Total</b>	<b>103</b>	<b>115</b>	<b>131</b>

## 6.7. Valor de importancia ecológica de las especies en cada fragmento

En el bosque 1, las especies con mayor índice de valor de importancia fueron *Spondias mombis*, de la familia *anacardiaceae* con un IVI de 184, *Callycophyllum canidisimum* de la familia *Rubiaceae*, con un IVI de 134, *Zanthoxylum setulosum* perteneciente a la familia *Rutaceae*, con un IVI de 121 y *Codia alliodora*, de la familia *Boraginaceae* con un IVI de 104 (anexo7)

Para el fragmento de bosque 2 *Guazuma ulmifolia* presenta el mayor índice de valor de importancia siendo de 150, *Spondias mombis* presenta un IVI de 136, seguido por *Cordia alliodora* cuyo IVI es de 121, y por *Cochlospermum vitifolium* que presenta un IVI de 120 (anexo7)

Las especies del fragmento de bosque 3 presentan los siguientes índices de valor de importancia: El mayor valor lo presenta *Cecropia peltata* con un IVI de 133, seguido de *Enterolobium cyclocarpum* con un IVI de 133, *Acacia collinsii* tiene un IVI de 112, y *Guazuma ulmifolia* también presenta un IVI de 112 (anexo7)

En el fragmento de bosque 4 presenta las especies con mayor IVI son *Bravaisia integerrima* con 162, *Trichilia martiana* con 135, *Spondias mombis* con 123 y *Acacia collinsii* con un IVI de 119 (anexo7)

En el fragmento de bosque 5 únicamente dos especies presentan un IVI ampliamente superior al resto de las especies, *Guazuma ulmifolia* con un IVI de 135 y *Trichilia cuachijuga* con un IVI de 94 (anexo7)

En el fragmento de bosque 6, la especie con mayor IVI es *Diospyros salicifolia* con 134, seguido de *Myrosporum frutecens*, que presenta un IVI de 133, *Gliricidia sepium* cuyo IVI es de 133, y *Thouinidium decondrum* que presenta un IVI de 110 (anexo7).

## **6.8. Uso y manejo de los fragmentos de bosque**

De forma general, el mayor uso dado al suelo de las fincas donde se encuentran los fragmentos de bosque, son las pasturas utilizadas para la ganadería, la cual se realiza de forma extensiva. En menor proporción el suelo es utilizado para agricultura, principalmente granos, raíces y tubérculos. Solo un mínimo porcentaje del suelo de las fincas es destinado para el bosque, el cual proporciona leña y madera para la finca principalmente (Tabla 12).

En cuanto a la tenencia de la tierra, las seis fincas donde se ubican los fragmentos de bosque, se encuentran bajo el régimen de propiedad privada individual, con sus respectivos títulos de propiedad.

### **6.8.1. Fragmento de bosque uno**

El propietario del bosque uno, para proteger el fragmento de bosque de los incendios forestales realiza ronda. El manifestó estar consciente de los servicios ambientales que proporciona el bosque. Sin embargo, su actividad principal la agricultura, y la ganadería extensiva. Del bosque extrae madera para uso en la finca, y leña para uso en la finca y para venderla localmente (fig. 13).

Dentro de su finca, el área de bosque, hasta hace dos años era un solo fragmento, sin embargo año con año ha ido reduciendo su cobertura de bosque, para dedicarla a la agricultura, principalmente maíz, quequisque, y pastos para el ganado (Ver tabla 12). Este

bosque, no presenta daños por plagas ni enfermedades, por lo que se le considera saludable.

Esta área presenta fuerte problema de fragmentación. De acuerdo Guariguata y Kattan (2002) el problema de fragmentación es la tendencia a la reducción del tamaño de las poblaciones de animales y la composición de la comunidad, lo que influirá negativamente en la diversidad de plantas del bosque, ya que los vertebrados son los responsables de la dispersión de semillas y polinización de las flores, y por ende resultan críticos para la reproducción de muchas especies de árboles.

**Tabla 12. Diferentes usos del suelo en los fragmentos de bosque estudiados, al Este del Lago de Nicaragua, 2010**

Fragmento de bosque	Area total de la finca (Ha)	Area de uso agrícola		Area uso pecuario		Area de bosque	
		Ha	%	Ha	%	Ha	%
1	60	7.9	13.2	50	83.3	2.1	3.5
2	116.7	10	8.6	100	85.7	6.7	5.7
3	1000	67.2	6.7	900	90.0	32.8	3.3
4	50	7	14.0	30	60.0	13	26.0
5	50	0	0.0	36.7	73.4	13.3	26.6
6	50	40	80.0	8.8	17.6	1.2	2.4

No obstante, según resultados de la encuesta, este productor, en un horizonte de tiempo de cinco años, pretende conservar estas áreas de bosque que aún quedan dentro de su finca. Por tanto, recuperar esta área requerirá un esfuerzo por conectar estos mosaicos de bosque. Una posibilidad prometedora es la implementación de sistemas agroforestales en las áreas en donde se cambió la cobertura de bosque para dedicarla a la agricultura. Este propietario manifiesta disponibilidad de trabajar con sistemas agroforestales (fig.19).

#### **6.8.2. Fragmento de bosque dos**

El propietario de esta área de bosque se dedica a la agricultura y la ganadería extensiva. Para proteger su bosque contra incendios forestales, realiza rondas (Figura 19). El área ha sido cercada con alambre de púas para limitar el acceso tanto al ganado como a personas.

Este productor, está consciente de que el bosque provee importantes servicios ambientales, por lo que está motivado a seguir conservando su bosque. Este bosque no presenta daños mecánicos, ni afectaciones por plagas y enfermedades, por lo que puede considerarse saludable.

Inicialmente esta área era un barbecho abandonado, y el propietario al adquirir el área hace unos seis años, decidió que la destinaría a la conservación, y este es el uso que pretende darle en el futuro. Actualmente el área presenta todas las características de un bosque secundario. Estos hallazgos, sobre la factibilidad de la recuperación de áreas forestales fortalecen la idea que presentan Guariguata & Kattan (2002), según la cual cuando la tierra se ha utilizado con una intensidad baja o moderada, y cuando las fuentes de semilla se encuentran próximas, la riqueza de especies leñosas se recupera en forma muy rápida. En tan sólo unas cuantas décadas ya se observan valores similares a los de un bosque primario.

#### **6.8.3. Fragmento de bosque tres**

El propietario de este fragmento de bosque tiene como actividad principal la ganadería extensiva. No da ningún manejo especial al bosque, sin embargo está consciente de la variedad de servicios ambientales que presenta el bosque, por lo que aun lo conserva. Para protegerlo de los incendios forestales hace ronda alrededor del bosque. A una proyección hacia el futuro, pretende seguir conservando este fragmento de bosque. Este bosque no presenta daños mecánicos, ni afectaciones por plagas y enfermedades, por lo que se considera saludable.

Este productor considera que reforestar es una buena manera de aumentar la cobertura de bosque, y conservar las áreas existentes (fig. 13). Sin embargo, expresa que conoce poco sobre los sistemas agroforestales.

#### **6.8.4. Fragmento de bosque cuatro**

Este productor propietario del área se dedica únicamente a la ganadería extensiva. No realiza ningún manejo especial al bosque. Del extrae leña y árboles para madera. Durante la

época seca realiza ronda para evitar el fuego. Manifiesta que la mayor vulnerabilidad de su bosque es que no está cercado para restringir el acceso de animales y personas.

El productor prevé para el futuro un uso del bosque para extracción de leña (fig. 13). Este productor fue apoyado por el proyecto “Manejo de bosque secundarios” ejecutado por CATIE-UCA-PROFOR, pero según él no obtuvo beneficios significativos, el proyecto terminó y ningún otro proyecto le ha dado continuidad.

Este bosque presenta daños mecánicos causados por el ganado que circula libremente dentro del bosque, sin embargo no presenta afectaciones por plagas y enfermedades, por lo que se considera que este bosque presenta un estado intermedio de salud, y está fuertemente amenazado de desaparecer por la actividad ganadera en un futuro cercano. Este hallazgo es una prueba más de lo afirmado por (MADESO, 2004). De que la frontera agrícola está siendo impulsada constantemente hacia el este por dos factores principales: la expansión de la ganadería que continúa siendo la actividad más rentable y la insostenibilidad del sistema agrícola de eliminación del bosque y quema del mismo.

Del mismo modo, se confirma lo expresado por (PROLEÑA, 2004) acerca de que en Nicaragua, la leña es el principal uso asignado al bosque, siendo el consumo total de leña de 1.9 toneladas/año incluyendo al sector urbano y rural.

#### **6.8.5. Fragmento de bosque cinco**

En esta finca la actividad principal es la ganadería extensiva. El bosque no recibe ningún manejo especial. El área de bosque no está cercada para limitar el acceso del ganado, por lo que eventualmente, este entra al área de bosque. El productor utiliza al bosque para extraer madera para uso en la finca, y leña para el uso en la finca (fig. 13).

Esta área de bosque ha venido disminuyéndose debido a la incidencia de incendios forestales en la zona, confirmando de este modo lo expresado por MARENA (2004) quien manifiesta que en Nicaragua el fuego es utilizado como una herramienta para el aprovechamiento agropecuario, que incluye prácticas como el despale, deshierbe, preparación de la siembra, rejuvenecimiento de pastos.

Según CATIE (2001) este proceso conllevaría a la degradación del bosque original, extinción de especies forestales y sustitución de las especies originales por una sucesión secundaria conformada por especies pioneras.

No obstante los problemas mencionados, a futuro el propietario pretende conservar esta área como un recurso para el suministro de leña y madera para la finca (fig. 13).

#### 6.8.6. Fragmento de bosque seis

El productor propietario de esta área de bosque tiene como actividades principales la agricultura y la ganadería. Para proteger el bosque de los incendios forestales, realiza ronda durante la época seca. No tiene cercada el área para impedir el acceso de animales y personas, pero realiza vigilancia constantemente.

Su área de bosque ha ido disminuyendo porque ha ido incrementando su área para cultivo. El utiliza el bosque para extraer madera para uso en la finca y leña. Está consciente de los beneficios ambientales que aporta el bosque, razón por la cual a futuro, pretende seguir conservando esta área de bosque (Fig. 13).



**Figura 12.** Eliminación de los remanente de bosque para dar paso a la actividad agrícola y ganadera, en la zona Este del subsistema de Cuenca Lago Cocibolca, Nicaragua, 2010

En general, los parches de bosque identificados, se encuentran dentro de fincas cuyos principales rubros son la agricultura y la ganadería. En Río San Juan, los productores eliminan las coberturas boscosas para sembrar principalmente maíz, arroz, quequisque, y pasto para la ganadería (fig.12). Los árboles que soporten el fuego, son utilizados para leña, que los productores venden a los poblados más cercanos para obtener ingresos económicos. Igual sucede en Acoyapa, Chontales y San Lorenzo, Boaco en donde los rubros principales son el maíz y la siembra de pasto para la ganadería.

Como resultados de la encuesta realizada a los propietarios de cada parche de bosque, únicamente los propietarios de los parches 2, 3, 4 y 5 tienen la visión de conservación, mientras que el productor dueño del parche de bosque 1, ve el bosque como una fuente de ingresos económicos a través de la extracción y comercialización de leña, y área potencial que puede utilizar para la siembra de quequisque y granos básicos (Fig.12)

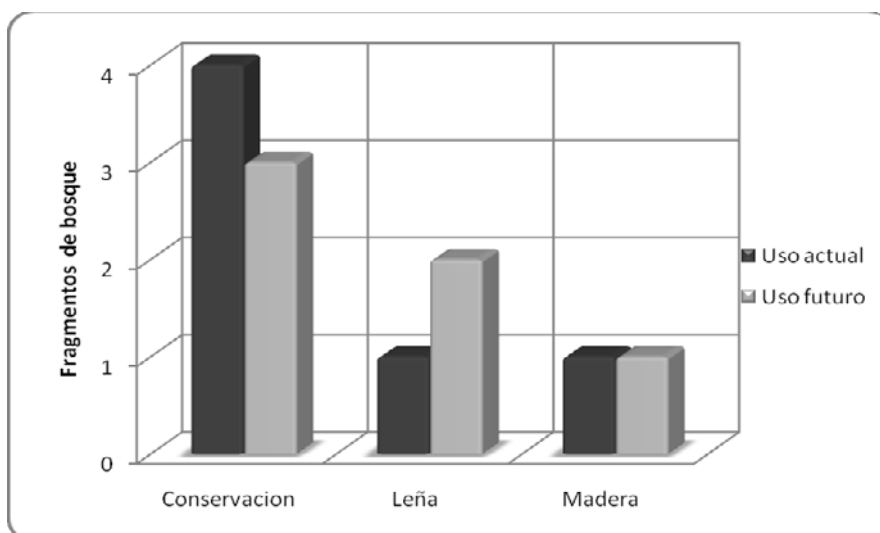
En cuanto al uso futuro que pretenden darle a sus áreas de bosque, únicamente los propietarios de los parches de bosque 2, 3 y 6 mantienen su visión de conservación, en tanto que los productores dueños de las áreas 1 y 5 continuarán con el uso que actualmente le están dando, extracción de leña y madera respectivamente.

Los productores dueños de estos fragmentos de bosque, manifiestan explícitamente que las instituciones estatales relacionadas al manejo de los Recursos Naturales, no tienen presencia y que por lo tanto no han recibido de estas instituciones ningún apoyo (fig.16). Los propietarios de los fragmentos 1,2,3, y 5 fueron categóricos en afirmar que ninguna institución o proyecto apoyado su iniciativa personal de mantener estos remanentes de bosque dentro de sus fincas (fig.16). El propietario del fragmento 4, es el único que participó en el proyecto manejo de bosques secundarios ejecutado por UCA-CATIE-PROFOR.

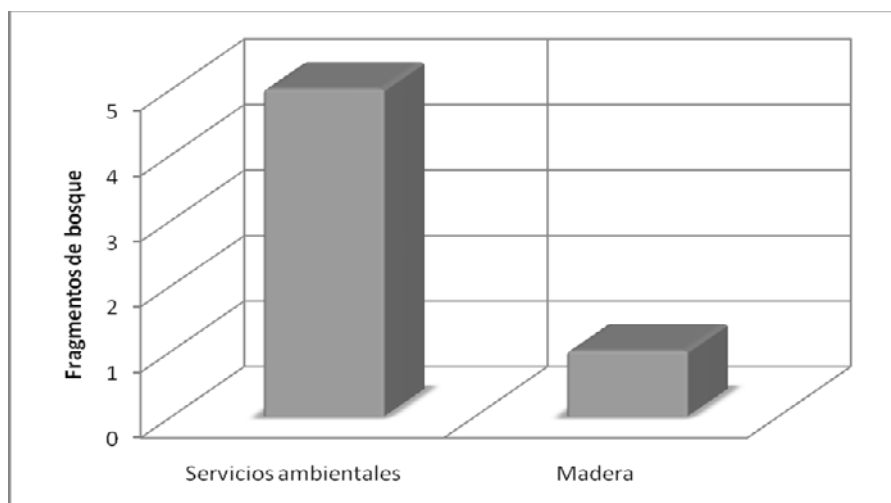
Sin embargo manifiesta que el apoyo fue escaso y se limitó a los estudios que ellos hicieron dentro del área de su bosque, y asistencia técnica para el manejo del bosque y sistemas agroforestales en menor proporción (fig.17). Por observación *in situ* (anexo 5) pudo constatar que el área realmente no parece haber sido asistida por proyecto alguno, quizá



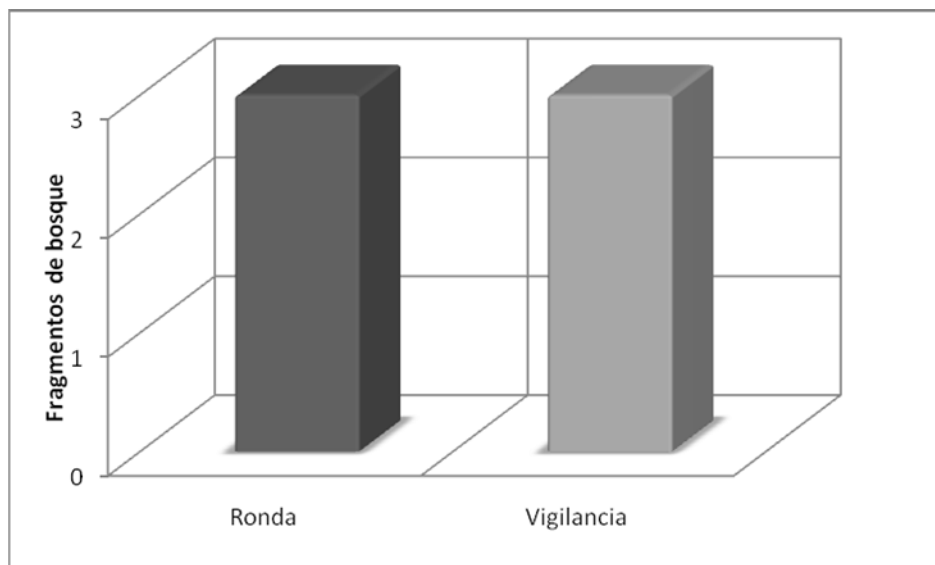
cuando el proyecto terminó y dejó de visitar al productor, este se desanimó y ha permitido que el ganado circule libremente y de forma permanente, dentro del fragmento de bosque, afectando en alto grado, la regeneración natural.



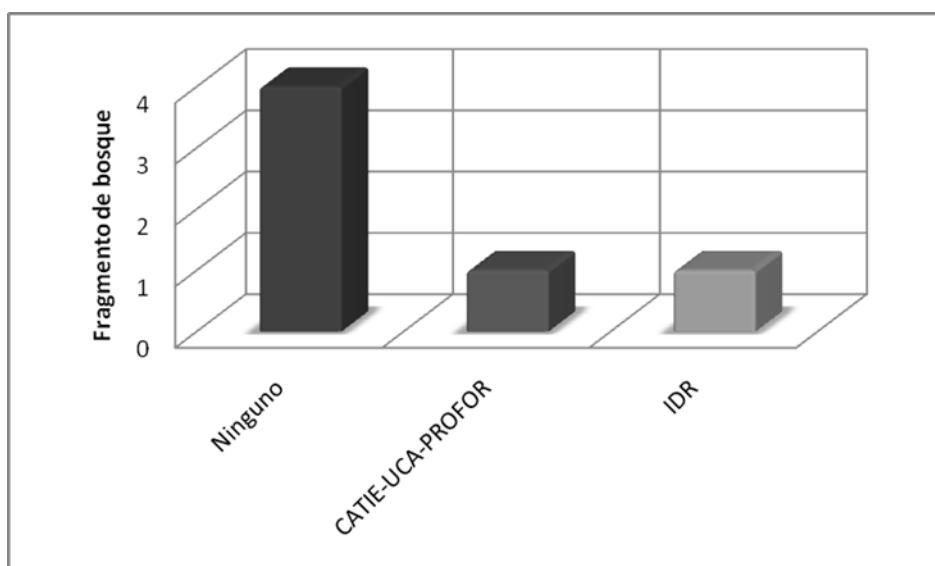
**Figura13. Uso actual y futuro de los fragmentos de bosque, zona Este del subsistema de Cuenca Lago Cocibolca, Nicaragua, 2010**



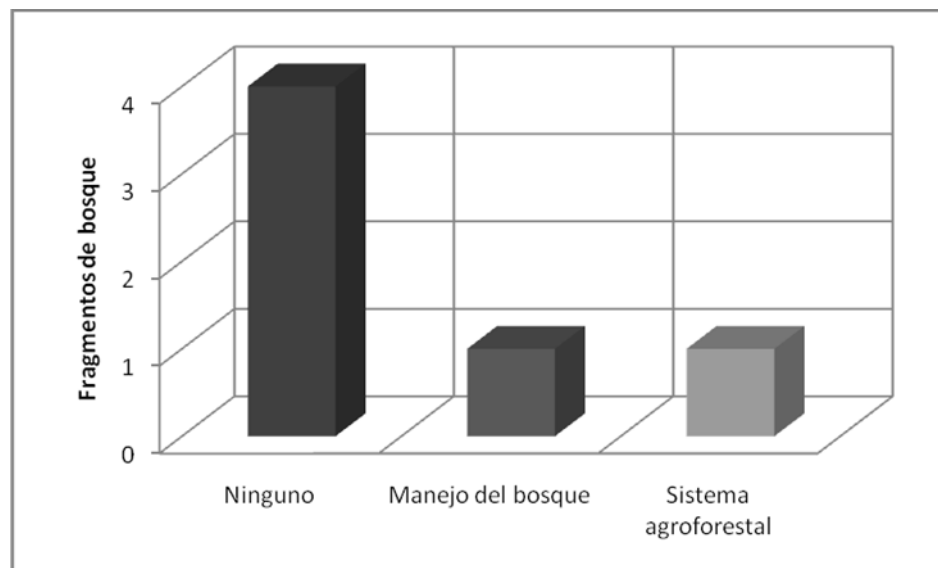
**Figura 14. La percepción de los propietarios de los fragmentos de bosque, acerca de la importancia de conservarlos, en la zona este del subsistema Lago Cocibolca, Nicaragua 2010**



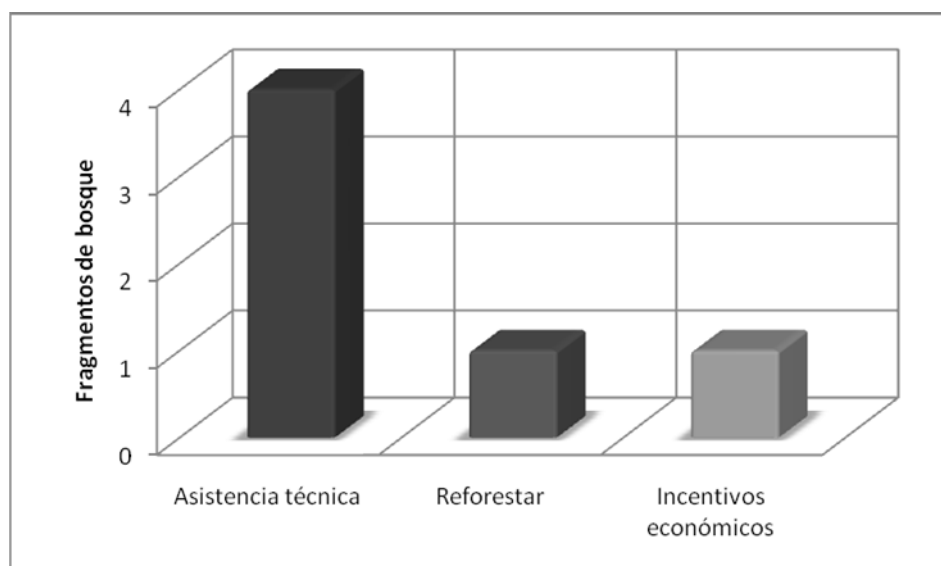
**Figura 15. Formas en que los propietarios realizan la protección de los fragmentos de bosque contra los incendios forestales, en la zona Este del subsistema de Cuenca Lago Cocibolca, Nicaragua, 2010**



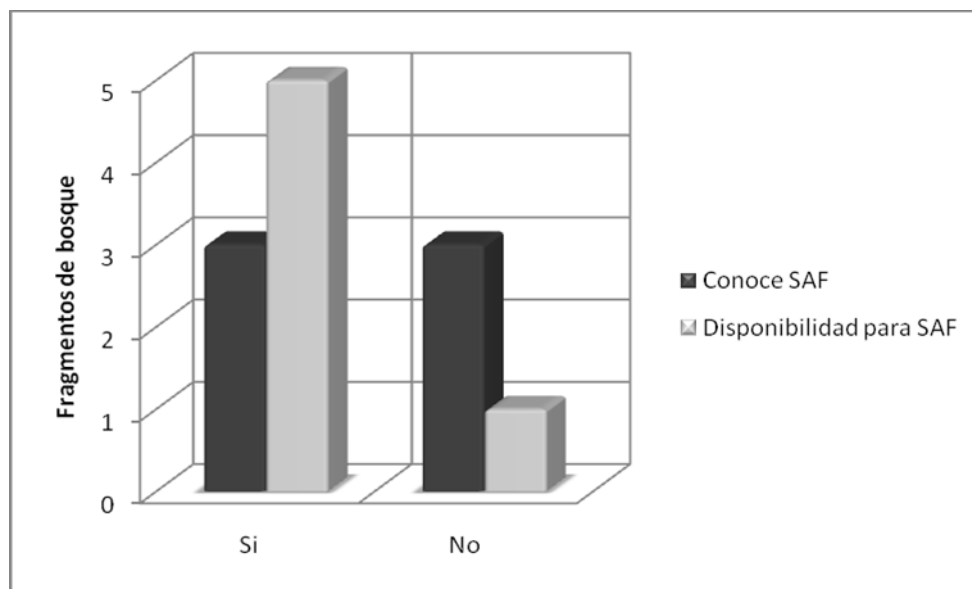
**Figura 16. Apoyo obtenido por los propietarios de fragmentos de bosque, en la zona Este del subsistema de Cuenca Lago Cocibolca, Nicaragua, 2010**



**Figura 17. Tipo de apoyo brindado a los propietarios de fragmentos de bosque, en la zona Este del subsistema de Cuenca Lago Cocibolca, Nicaragua, 2010**



**Figura 18. Sugerencias de los propietarios de los fragmentos de bosque estudiadas para mejorar la conservación, en la zona Este del subsistema de Cuenca Lago Cocibolca, Nicaragua, 2010**



**Figura 19. Nivel de conocimiento y disponibilidad de para implementar Sistemas Agroforestales, zona Este del subsistema de Cuenca Lago Cocibolca, Nicaragua, 2010**

El propietario del fragmento 4, manifiesta que el IDR, fue el único proyecto que le estuvo apoyando para la incorporación de sistemas agroforestales dentro de la finca (fig. 17).

La percepción que los propietarios de las áreas de bosque estudiados es muy positiva, a excepción del propietario del fragmento 5, todos expresaron que las áreas de bosque proporcionan diversos servicios ambientales, tales como el mantenimiento de las fuentes de agua incluyendo ríos y quebradas (regulación del ciclo hidrológico), regulación de las temperaturas altas, protección del suelo (fig.14).

**Tabla 13. Síntesis de las repuestas de los propietarios de los fragmentos de bosque**

Pregunta realizada	Opciones	Propietario del fragmento de bosque					
		1	2	3	4	5	6
Uso actual	Conservación						
	Leña						
	Madera						
Uso futuro	Conservación						
	Leña						
	Madera						
Percepción	Servicios ambientales						
	Madera						
Protección	Ronda						
	Vigilancia						
Apoyo recibido	Ninguno						
	CATIE/UCA/PROFOR						
	IDR						
Tipo de apoyo	Ninguno						
	Manejo del bosque						
	Sistema agroforestal						
Sugerencias	Asistencia técnica						
	Reforestar						
	Incentivos económicos						
Conoce SAF	No						
	Un poco						
Disponibilidad para SAF	Sí						
	Conocer más del tema						

De manera general, los propietarios de las áreas de bosque, están consientes de proteger al bosque contra los incendios forestales. Los dueños de los fragmentos 1,2 y 6 realizan la protección haciendo rondas durante la época seca. Mientras que los propietarios de los fragmentos 3,4 y 5 solo realizan vigilancia durante la época seca, que es cuando existe el mayor riesgo de incendios forestales (fig.15).

Las sugerencias para mejorar la conservación de estos remanentes de bosque, que dan los propietarios de las áreas de bosque estudiados, en base a su experiencia son muy variadas. Los propietarios de los fragmentos 1, 2, 5, y 6 manifiestan que la asistencia técnica, es el factor determinante. El propietario 3 manifiesta que la reforestación es una buena opción. Mientras que el propietario del fragmento de bosque 4, manifiesta que el incentivo económico, es la respuesta para una mejor conservación de los remanentes de bosque. Este productor argumenta que para una adecuada protección, los fragmentos de bosque deben ser cercados con alambre de púas, y esta es una inversión alta.

Al evaluar el nivel de conocimiento que los propietarios de las áreas de bosque estudiados, tienen sobre la temática de sistemas agroforestales, se obtuvieron los siguientes resultados: Los dueños de los fragmentos 4, 5 y 6 manifestaron no saber nada del tema, mientras que los propietarios de los fragmentos 1, 2 y 3 expresaron que sí conocen sobre Sistemas Agroforestales (fig.19).

Al preguntárseles que si estaban dispuestos a participar en un proyecto para incorporar sistemas agroforestales dentro de sus fincas, los propietarios de los fragmentos 1, 2, 3, 4, 5 manifestaron afirmativamente. Únicamente el propietario del fragmento 6 no está interesado en el tema de los sistemas agroforestales (Fig.19). Este es el mismo productor que fue apoyado por el IDR, para la incorporación de árboles dentro de sus sistemas productivos.

Un hallazgo de la presente investigación, es la evidencia de que existe voluntad de los productores de conservar sus áreas de bosque que existen productores consientes, lo cual deber ser potencializado. Este hecho reafirma lo expresado por Chavaría & Belli (2008), acerca de que el reto para las autoridades ambientales es lograr la congruencia de las políticas gubernamentales que permitan la ampliación del área bajo conservación privada, que se fortalezca el modelo impulsado y que se amplíe el número de productores desarrollando procesos amigables con el medio ambiente.

Por otro lado, la conservación de estos fragmentos de bosque, y el aumento de la vegetación arbórea y arbustiva dentro de las áreas agrícolas y pecuarias de la finca, son de especial interés para aumentar la capacidad recarga de los acuíferos de la zona Este del lago de Nicaragua.

## VII. CONCLUSIONES

- El mayor de los fragmentos de bosque encontrados fue de 32.8 hectáreas y el menor, fue de 2.2 hectáreas. La mayor diversidad de especies de árboles y arbustos de forma general está concentrada en las áreas mayores a 2 hectáreas.
- Para el total del área estudiada, el estimador ICE, predice que existen 125 especies, en total en los fragmentos de bosque estudiados. El estimador ACE, predice que existen hasta 125 especies diferentes. El estimador Chao 1, predice que pueden encontrarse hasta 250 diferentes especies de árboles y arbustos. De manera general estos resultados sugieren que estos fragmentos de bosque todavía conservan una diversidad de especies que justifica implementar un programa de manejo y conservación para estos fragmentos de bosque.
- 
- De forma general, los índices Shannon y Simpson sugieren que los fragmentos de bosque 1 y 5 presentan la menor diversidad de especies arbóreas y arbustivas, en tanto que los fragmentos de bosque 2, 3, 4 y 6, presentan la mayor diversidad de árboles y arbustos, por lo tanto el programa de manejo y conservación deberá priorizar estos fragmentos de bosque.
- En este estudio, los índices de Jaccard y Sorensen, encuentran que los fragmentos de bosque 1 y 2, son los más similares, compartiendo 9 especies en común. El análisis de *cluster* mostró dos grupos principales. El primer grupo está conformado por los fragmentos de bosque 1, 2, 3, 4 y 5. El segundo únicamente por el fragmento 6. Esto es de especial importancia para el diseño de un programa de conservación de acuerdo a los grupos con mayor similitud.
- En cuanto al área basal, el mayor valor lo presenta el fragmento de bosque 1 con 14 m<sup>2</sup>/ha, seguido del fragmento 3 con 13 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>. El menor valor de área basal lo presenta el fragmento de bosque 6, con 3 m<sup>2</sup>/ha. Son valores que pueden esperarse en los bosques secundarios. El programa de manejo y conservación deberá estar orientado a aumentar el área basal por hectárea.



- En cuanto al carbono capturado, los fragmentos de bosque 1 y 3, presentan el mayor almacenamiento, siendo este de 30 Mg de C/ Ha. El segundo lugar en cuanto a captura de carbono lo ocupa el fragmento de bosque 4, con 24 Mg de C/ Ha. En general estas son áreas de mayor edad (20 años), por lo tanto presentan árboles con diámetros mayores con respecto a los fragmentos con menor carbono almacenado. Un programa que integre el servicio ambiental de almacenamiento de carbono, deberá priorizar estos fragmentos de bosque.
- Dentro de las fincas en la que se encuentran inmersos los fragmentos de bosque estudiados, los principales usos que los productores le dan al área donde no existe bosque es el cultivo de granos básicos, y la ganadería. Mientras que el principal uso que le dan al bosque es la extracción de leña y madera para la finca, y como una potencial área agrícola o ganadera. De forma general no se le da ningún tipo de manejo silvicultural al bosque.
- Únicamente los propietarios de los parches 2, 3, 4 y 5 actualmente tienen la visión de conservación. En cuanto al uso futuro, únicamente los propietarios de los parches de bosque 2, 3 y 6 mantienen su visión de conservación, por lo que estos propietarios deben considerarse al realizar un proyecto en esta zona de estudio.

## VIII. RECOMENDACIONES

- Realizar un estudio que permita cuantificar la incidencia del proceso erosivo y la consecuente sedimentación, proveniente de las micro cuencas de la zona este del lago de Nicaragua, que permita valorar este servicio ambiental que las áreas de bosque remanentes podrían estar brindando,
- Vender servicios ambientales como una alternativa estratégica que contribuye a la conservación del bosque.
- Permitir la conectividad genética entre los diferentes fragmentos de bosque, a través de la reforestación con especies nativas.
- Promover entre los propietarios de estas áreas de bosque los sistemas agroforestales, ya que representan una buena alternativa de producción sustentable, al mismo tiempo que funcionarían como una estrategia de conectividad entre los fragmentos de bosque estudiados y otros fragmentos de menor tamaño cercanos a ellos.
- Priorizar en el programa de conservación los fragmentos 1, 2, 3 y 4, por estar más próximos al Lago Cocibolca, estar ubicados en relieve escarpado y poseer una considerable diversidad de plantas arbustivas y arbóreas. Además que en esta zona existen otros fragmentos de bosque con similares características.
- La segunda prioridad la ocupa el fragmento 6, ubicada en San Lorenzo, debido a lo escarpado del relieve, la existencia de áreas de bosque homólogas y cercanas entre sí, además de la considerable diversidad de árboles y arbustos.
- El MARENA debe establecer un acercamiento con los propietarios de los fragmentos de bosque más importantes mencionados en este estudio para despertar en ellos el interés en

establecer sus áreas como reservas privadas, de forma tal que además de generarles ingreso al productor, este contribuya de manera significativa a su conservación.

## IX.BIBLIOGRAFIA

- Acevedo, R.P.2005. Vines and Climbing plants of Puerto Rico and the Virgin Islands. Contributions from the United States National Herbarium. 51:1-483.
- Arce, N; Ortiz, E; Villalobos, V; Cordero, S. 2008. Existencias de carbono en charrales y sistemas agroforestales de cacao y banano de fincas indígenas bribri y cabécar de Talamanca, Costa Rica. Revista Agroforestería de las Américas No.46. CATIE, Turrialba, C.R. Pg 30-33.
- Andrade, H; Ibrahim, M. 2003. Como monitorear el secuestro de carbono em sistemas silvopastoriles. Revista Agroforesterías en las Américas Vol.10 NO 39-40.CATIE.Turrialba, CR.127P.
- Ballester, D.2004. Remote sensing of the sedimentation plume of the River San Juan. Laboratorio de Oceanografía y manejo costero. Universidad de Costa Rica. 16 p.
- Baev, P. V; Penev, L.D 1995. *BIODIV: program for calculating biological diversity parameters, similarity, niche overlap, and cluster analysis*. Versión 5.1. Pensoft, Sofia-Moscow, 57 pp.
- Berrios L; Aica, J. Umaña, V; Leguizamón, F. 2002. Barreras a la competitividad, y respuestas de pequeños productores rurales en Nicaragua. INCAE, CR. 19 P.
- CATIE. 2001. Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central. Turrialba, CR.263 P.
- Colwell, R. 1997. EstimateS: statistical estimation of species richness and shared species from samples. Versión 5. Departament of Ecology and Evolutionary Biology, University of Connecticut, U.S.A. Accesible en internet: <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>.
- Colwell, R; Coddington, J. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. Phil. Trans. Royal Soc. London B. 345:101-118.
- Cowell, R. K. 1997. *EstimateS: statistical estimation of species richness and shared species from samples*. Versión 5. Departament of Ecology and Evolutionary Biology, University of Connecticut, U.S.A. Accesible en internet: <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>.
- Chao, A; Lee, S. 1992. Estimating the number of classes via sample coverage. *Journal of the American Statistical Association*, 87: 210-217.
- Chavarría, L; Belli, C. 2008. La conservación en tierras privadas, un modelo a consolidar. MARENA. Managua, Nicaragua. 6P.
- Clench, H.K. 1978. To make regional lists of butterflies some thoughts. *Lepidopterists'Society*, 33(4): 216-231
- Escalante, T, D., Espinosa; Morrone, J. 2002. Patrones de distribución geográfica de los mamíferos terrestres de México. *Acta Zoológica Mexicana* (n. s.), núm. 87. pp. 47-65.
- Escalante, T.E. 2006. ¿Cuántas especies hay?: Los estimadores no paramétricos de Chao. México, DF. Elementos vol. 52. pp 53-56.

- FAO 2005. Global forest resources assessment 2005 – Progress towards sustainable management. FAO Forest. Resources Assessment Working Paper 83. FAO, Rome, 320P.
- FRA/CATIE. 2000. Bibliografía comentada: Cambios en la cobertura forestal de Nicaragua. Disponible en: [www.fao.org/](http://www.fao.org/)
- Finegan B; Delgado, D. 2000. Structural and floristic heterogeneity a 30-year-old Costa Rican rain forest restored on pasture through natural secondary succession. *Restoration Ecology* 8(4):380-393.
- Garmendia, M; Quezada, J; Armas, M; Espinales, E. 2008. Composición, diversidad, estructura e importancia de las especies arbóreas y palmas del bosque seco de la finca "Rosita", Reserva Natural Estero padre ramos. La Calera. UNA, Managua, Nicaragua. pp:66-63.
- García, Y. 2009. Curso monitoreo de la biodiversidad. Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua. 43P.
- González, H.C. 2006. Identificación de bosques y sistemas agroforestales importantes proveedores de servicios ecosistémicos para el sector agua potable en Nicaragua. Tesis para optar al grado de Magister Scientiae en Agroforestería Tropical. CATIE. Turrialba, C.R. 135 P.
- Gillespie, T; Grijalva, A; ; Farris, C. 2000. Diversity, composition, and structure of tropical dry forests in Central America. *Plant Ecology*. 147:37–47.
- Guariguata, M.R; Kattan, G.H. 2003. Ecología y conservación de bosques neotropicales. EULAC-GTZ. Cartago, Costa Rica. 691P.
- Holdridge, L. 1996. Ecología basada en zonas de vida. IICA, San Jose, Costa Rica. 216 p.
- Holdridge, L. and L. Poveda 1997. Árboles de Costa Rica Volumen I: Palmas y otras monocotiledóneas arbóreas y árboles de hojas compuestas y lobuladas. Centro Científico Tropical, San Jose, Costa Rica. 522 p.
- Hinojosa, M; Laursen, N. 2008. Climate Change Screening of Danish Development Cooperation with Nicaragua & Central America. DANIDA. Managua, Nicaragua. 66P. INETER. 2009. Boletín Elaborado en el Marco de la Vigilancia Climática. Managua, Nic. 16P. Disponible en: [WWW.ineter.gob.ni/meteorología](http://WWW.ineter.gob.ni/meteorología)
- Janzen, D.H. 1970. Herbivores and the number of tree species in tropical forest. *American Naturalist*. 104: 521-528
- Larson, A. 2006. La descentralización del sector forestal en Nicaragua UCA. Managua, Nicaragua. 120P.
- Lee, S; Chao, A. 1994. Estimating population size via sample coverage for closed capture-recapture models. *Biometrics* 50, 88-97.
- Louman, B; Valerio, J; Jimenez, W. 2001. Bases ecológicas. In *Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central*. Manual técnico/ CATIE; no 46 Eds. B. Louman, D. Quiros and M. Nilsson. CATIE, Turrialba, CR, pp. 21-75.
- MARENA (Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales) 2004. Estado del ambiente en Nicaragua. II Informe GEO. MARENA, Managua Nicaragua. 189 P.

- Marenco, G; Siles, P. Salazar, E. 2010. Estudio de la diversidad florística y almacenamiento de carbono de un bosque seco tropical del departamento de Estelí. Tesis de grado. UCATSE. Estelí, Nicaragua. 100P.
- MARN. 2006. Manual de Inventarios y Monitoreo de la Biodiversidad. San Salvador. 120 P.
- WHITTAKER, R. H. 1972. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon*, **21**(2/3): 213-251.
- MADESO. 2004. Estudio diagnostico de la Cuencas del Rio San Juan. Disponible en: [www.oas.org/dsd/publications/](http://www.oas.org/dsd/publications/)
- MAGURRAN, A. E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, New Jersey, 179 pp.
- MELO, O. 2001. Documento Base para el Componente Vegetación en el Proyecto “Zonas Aridas”. Universidad del Tolima. 14 p.
- Moraes, F.Ch.2001. Almacenamiento de carbono en bosque secundarios en el municipio de San Carlos, Nicaragua. CATIE. Turrialba, Costa Rica.100P.
- Pagiola,S; Bishop, J, Landell-Mills, N. 2006. La venta de servicios ambientales forestales: Mecanismos basados en el mercado para la conservacion y el desarrollo. Instituto Nacional de Ecología. Mexico, DF.461P.
- Pérez, M.A. 2004. Aspectos conceptuales, análisis numéricos, monitoreo y publicación de datos sobre biodiversidad. MARENA-ARAUCARIA. 334 P.
- Sanchez, D.2005. Diversidad, composición y estructura de la vegetacion en un paisaje fragmentado del bosque seco en Rivas, Nicaragua.13P.
- Pla, L.2006. Biodiversidad: Inferencia basada en el indice de Shannon y la Riqueza. Interciencia. Vol. 31. No. 008. Caracas, Venezuela. Pag 583-590.
- PROLEÑA.2004. Uso eficiente de la leña: El caso Ecofogón en Nicaragua. 14P.
- Proyecto LUCCAM. 2009. Allometric models for biomass estimation in secondary forests, San Carlos Municipal District, Nicaragua. Proyecto Cambio de uso de la tierra y flujos de carbono para Centroamerica. CATIE-Universidad de Helsinki, Finlandia. 120 P
- Sabogal, C. et al. 2001. Aprovechamiento forestal mejorado en bosques de producción: Estudio de caso Los Filos, Río San Juan, Nicaragua. Serie técnica. Informe técnico No.323. Colección Manejo Diversificado de Bosques Naturales. Publicación No.21.Turrialba, C.R. 57P.
- Segura, M . Andrade, H.J.2008. Cómo estimar rápidamente el carbono almacenado en la biomasa aérea de los sistemas agroforestales indígenas de Talamanca, Costa Rica. *Revista agroforestería en las Americas*. N ° 46. CATIE, Turrialba, C.R. Pg 97-103.
- Smith, L.R; Smith, T.M.2001.Ecología. 4edic. Pearson educación, S.A. Madrid, Esp.
- SMITH, E. P. Y G. VAN BELLE. 1984. Nonparametric estimation of species richness. *Biometrics*,0: 119-129.

# ANEXOS

## ANEXO1. GLOSARIO

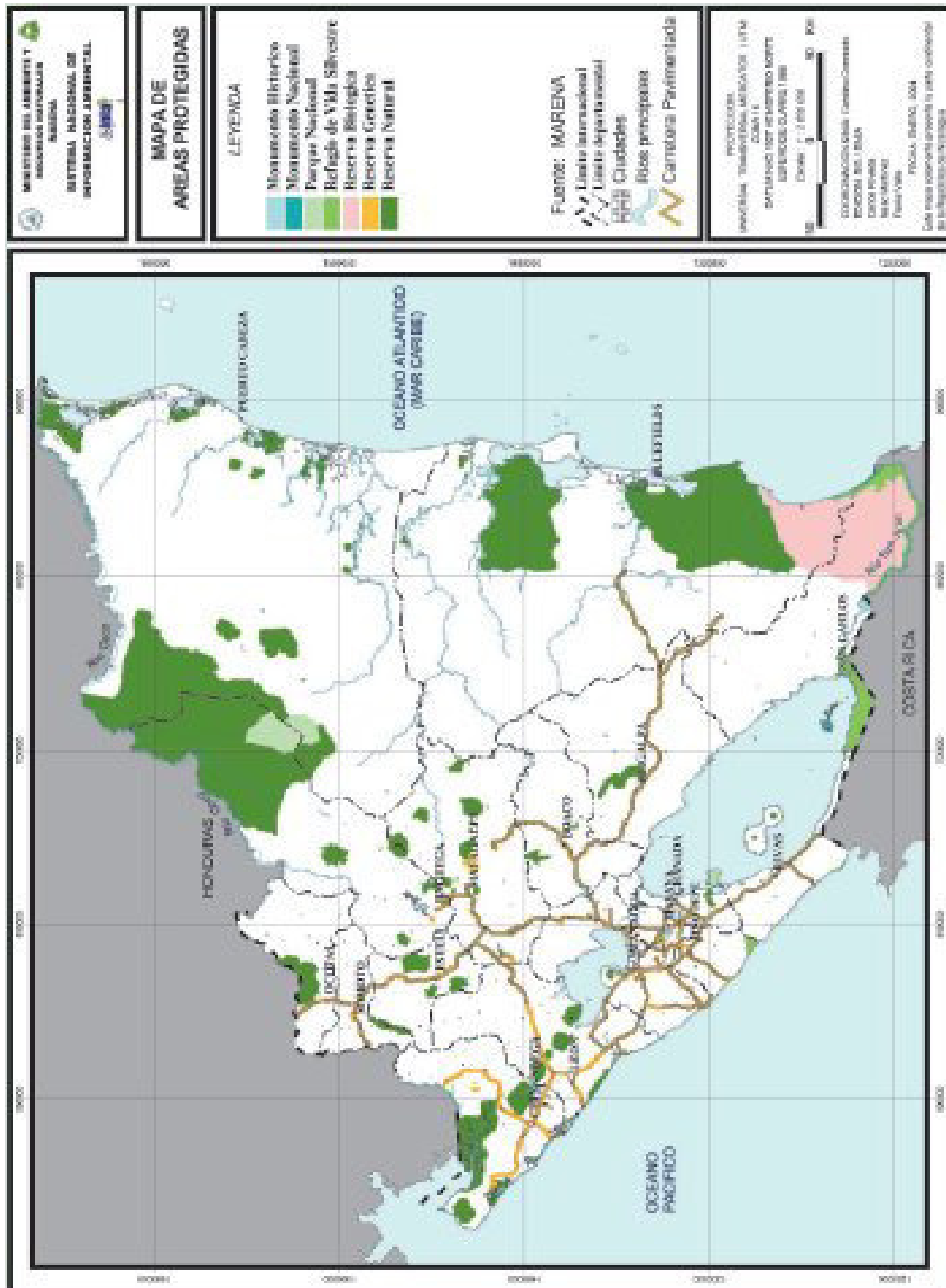
**Bosque:** Sistema conformado por árboles, los cuales interactúan entre sí y con otros organismos cuya presencia y mezcla son determinadas por las condiciones de sitio, especialmente el clima y el suelo. También definen al bosque primario como el bosque original o con mínima perturbación, generalmente con más de 40 especies arbóreas por hectárea y presenta varios pisos de vegetación, escasa vegetación herbácea (CATIE, 2000).

**Bosque secundario:** Es la vegetación leñosa que crece en tierras abandonadas, después de que su vegetación original fué destruida por la actividad humana y a veces por fenómenos naturales (CATIE, 2000).

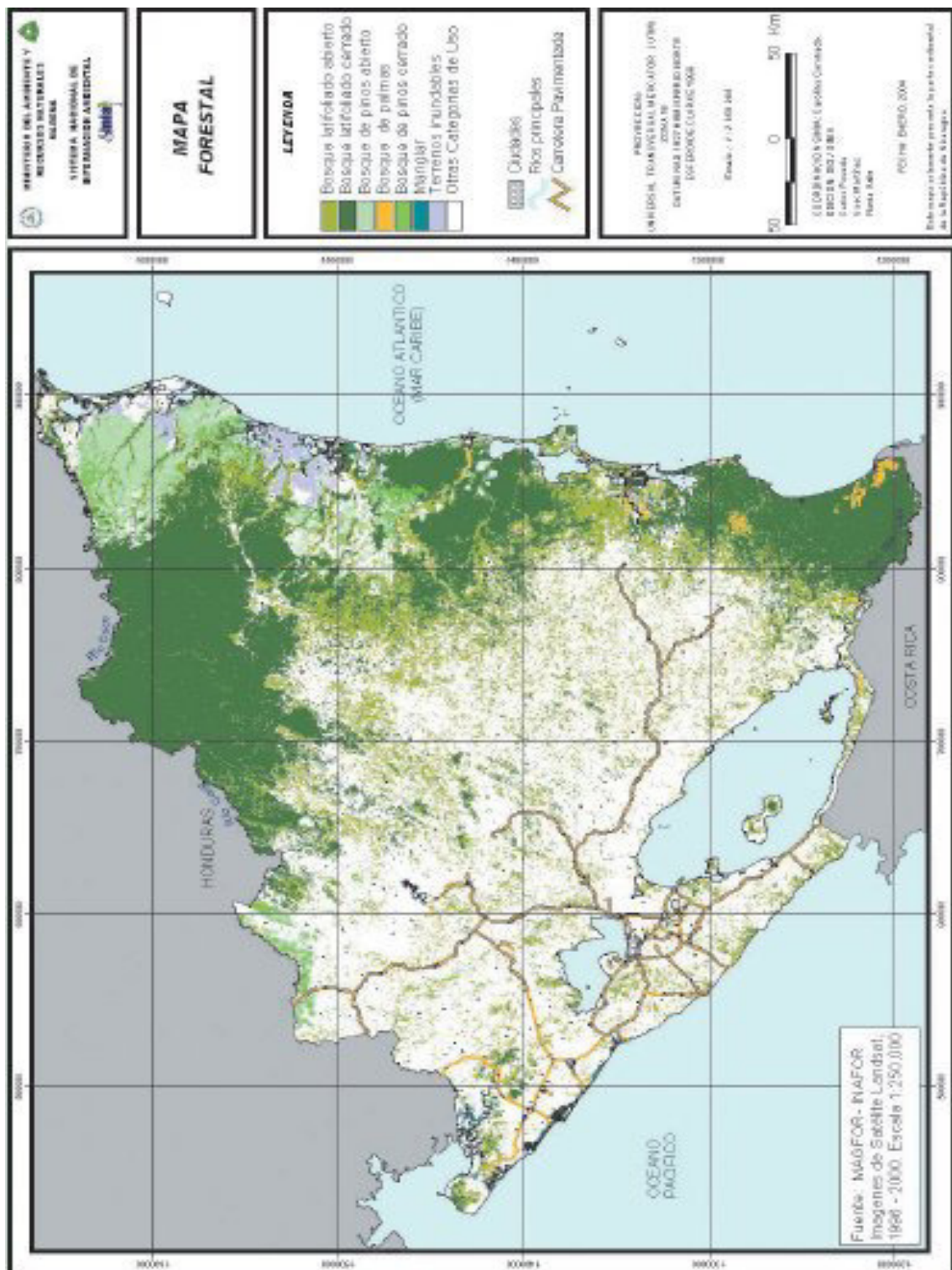
**Biodiversidad:** variedad de organismos vivos que existen en todas las fuentes, inclusive los ecosistemas terrestres y marinos y otros ecosistemas acuáticos, así como los complejos ecológicos de los cuales son parte, esta definición abarca asimismo la diversidad dentro de una misma especie, entre las diferentes especies y en los ecosistemas.



## ANEXO 2: Áreas protegidas de Nicaragua



### ANEXO 3. Mapa forestal preparado por el MARENA



## ANEXO 4. ENCUESTA



Universidad Nacional de Ingeniería

### ENCUESTA

Apreciado señor, estamos realizando un trabajo de investigación científica en toda el área este del lago Cocibolca. Esta encuesta está siendo realizada para obtener información sobre las relaciones existentes entre las áreas de bosque y las comunidades humanas presentes en el área. Le solicitamos su valiosa colaboración

Lugar: \_\_\_\_\_

Nombre del encuestado: \_\_\_\_\_

Escolaridad: \_\_\_\_\_

Tipo de propiedad: \_\_\_\_\_

Área en hectáreas: \_\_\_\_\_

Área de bosque en hectáreas: \_\_\_\_\_

Área agropecuaria en hectáreas: \_\_\_\_\_

¿Cuál es el uso que actualmente le da al área de bosque?

1. Conservación ☐ 2. Extracción de leña ☐ 3. Madera ☐ 4. ninguno ☐

9. ¿Cuál es el uso que pretende darle en el futuro al área de bosque?

1. Conservación ☐ 2. Extracción de leña ☐ 3. Madera ☐ 4. eliminarlo ☐

10. Para proteger este bosque de los incendios forestales se realiza:

1. Ronda ☐ 2. Vigilancia ☐ 3. Organización ☐ 4. Ninguna actividad ☐

11. ¿Para usted cual sería la importancia de conservar las áreas de bosques?

1. Ninguna ☐ 2. Madera ☐ 3. Servicio ambiental ☐ 4. Conservación lago ☐

12. ¿Conoce usted que es un sistema agroforestal?

1. No ☐ 2. un poco ☐ 3. Si ☐ 4. Lo implemento ☐

13. ¿Le gustaría implementar sistemas agroforestales en su finca?

1. No ☐ 2. un poco ☐ 3. Si ☐ 4. Conocer más sobre el tema ☐

14. ¿Qué puede sugerir usted para la mejor conservación de las áreas de bosque?

1. Asistencia técnica ☐ 2. Incentivos económicos ☐ 3. Organización comunitaria ☐ 4. Reforestar ☐

15. ¿Qué proyectos e instituciones le han motivado y apoyado para conservar el área de bosque?

1. MARENA ☐ 2. MAGFOR ☐ 3. INAFOR ☐ 4. otros ☐

16. ¿Cuáles otras instituciones?

17. El apoyo de estos proyectos e instituciones fue

1. Motivación ☐ 2. Ingresos alternativos ☐ 3. Manejo del bosque ☐ 4. Sistemas agroforestales ☐

## ANEXO 5. LISTA DE COTEJO



Universidad Nacional de Ingeniería

UNI

Lista de cotejo para verificar los factores asociados a la fragmentación de los parches de bosque

Bosque\_\_\_\_\_

No.	Variable	Sí	No	Observaciones
1	Área de bosque accesible			
2	Área perturbada			
3	Comunidad humana muy cercana al área de bosque			
4	Incendios forestales durante el verano			
5	Bosque saludable ( no afectado por plagas, enfermedades)			
6	Bosque moderadamente enfermo ( presenta afectación por plagas, enfermedades)			
7	Bosque enfermo			
8	Cercanía a otra área de bosque			
9	Funciona como corredor			
10	Es un bosque primario			
11	Existe un río/ pasa un río muy cerca			
12	Áreas de cultivo adyacente			
13	Área ganadera adyacente			
14	Se realiza extracción de madera			
15	Se realiza extracción de leña			
16	Presencia de extensiones grandes y continuas, con vegetación nativa.			
17	Presencia de conjuntos de manchones amplios de varios tipos de vegetación nativa, aunque no sean contiguos			
18	Presencia de procesos erosivos			

**ANEXO 6. Fragmentos de bosque estudiados, en la zona Este del lago Cocibolca, 2010**



**ANEXO 7. Índice de valor de importancia por especie para cada fragmento de bosque estudiado**

<b>Especies/Bosque1</b>	<b>Area basal relativa (%)</b>	<b>Densidad relativa (%)</b>	<b>Frecuencia relativa (%)</b>	<b>IVI (%)</b>
<i>Albizia saman</i>	10.3	3	67	80
<i>Apeiba tiborbou</i>	0.6	1	33	35
<i>Calycophyllum candidissimum</i>	16.3	18	100	<b>134</b>
<i>Cecropia peltata</i>	0.9	2	33	36
<i>Ceiba pentandra</i>	1.6	1	33	36
<i>Cordia alliodora</i>	0.3	4	100	104
<i>Cordia panamensis</i>	1.2	1	33	36
<i>Diospyros salicifolia</i>	0.1	1	33	35
<i>Guazuma ulmifolia</i>	0.1	1	33	34
<i>Inga Spp</i>	0.2	2	67	69
<i>Lonchocarpus spp1</i>	1.6	2	33	37
<i>Lonchocarpus spp2</i>	0.8	6	33	40
<i>Luhea seemannii</i>	1.4	3	33	38
<i>Sapium macrocarpum</i>	0.4	3	33	37
<i>Spondias mombis</i>	59.9	24	100	<b>184</b>
<i>Stemmadenia spp</i>	0.9	1	33	35
<i>Trichilia martiana</i>	0.1	1	33	34
<i>Zanthoxylum aff panamensis</i>	0.5	8	33	42
<i>Zanthoxylum setulosum</i>	2.7	18	100	<b>121</b>

<b>Especies/Bosque2</b>	<b>rea basal relativa (%)</b>	<b>Densidad relativa (%)</b>	<b>Frecuencia relativa (%)</b>	<b>IVI (%)</b>
<i>Acacia cornigera</i>	0.1	0.1	33	34
<i>Albizia adinocephala</i>	4.3	5.9	100	110
<i>Albizia saman</i>	1.7	0.9	33	36
<i>Apeiba tiborbou</i>	2.4	13.7	100	116
<i>Astronium graveolens</i>	0.1	0.9	0.3	34
<i>Brosimum Spp</i>	0.1	0.9	33.3	34
<i>Bursera simarouba</i>	0.23	0.9	33.3	35
<i>Casearia corymbosa</i>	0.2	0.9	33	35
<i>Cecropia peltata</i>	0.2	2.9	33	37
<i>Cochlospermum vitifolium</i>	7.6	12.7	100	<b>120</b>
<i>Cordia alliodora</i>	4.6	16.6	100	<b>121</b>
<i>Guazuma ulmifolia</i>	22.3	27.4	100	<b>150</b>
<i>Inga Spp</i>	2.6	1.9	66	71
<i>Lonchocarpus spp1</i>	0.4	0.9	33	35
<i>Lonchocarpus spp2</i>	0.1	0.9	3	34
<i>Sorocea pubivena</i>	0.2	0.9	33	35
<i>Spondias mombis</i>	26.0	9.8	100	<b>136</b>

<b>Especies/Bosque3</b>	<b>Area basal relativa (%)</b>	<b>Densidad relativa (%)</b>	<b>Frecuencia relativa (%)</b>	<b>IVI (%)</b>
<i>Acacia collinsii</i>	1.2	11.2	100	<b>112</b>
<i>Albizia adinocephala</i>	0.3	1.7	67	69
<i>Albizia spp</i>	3.8	0.6	33	38
<i>Apeiba tiborbou</i>	0.2	0.6	33	34
<i>Bursera simarouba</i>	1.4	3.4	100	105
<i>Capparis discolor</i>	0.0	0.6	33	34
<i>Cecropia peltata</i>	16.4	16.3	100	<b>133</b>
<i>Cedrella odorata</i>	0.1	0.6	33	34
<i>Ceiba pentandra</i>	0.4	1.1	33	35
<i>Cinnamomum triplenerve</i>	7.4	6.7	67	81
<i>Coccoloba tuerkheimii</i>	0.4	0.6	33	34
<i>Cordia alliodora</i>	0.3	1.7	67	69
<i>Enterolobium ciclocarpum</i>	19.9	3.4	100	<b>123</b>
<i>Guazuma ulmifolia</i>	5.1	7.3	100	<b>112</b>
<i>Lonchocarpus costarricense</i>	0.1	0.6	33	34
<i>Maclura tintorea</i>	0.4	1.1	67	68
<i>Miconia argentea</i>	0.7	2.2	67	70
<i>Morinda panamensis</i>	7.8	1.7	67	76
<i>Psichotria sp</i>	0.4	1.1	67	68
<i>Randia armata</i>	0.1	0.6	33	34
<i>Randia spp</i>	0.1	0.6	33	34
<i>Sapium macrocarpum</i>	15.8	3.9	67	86
<i>Spondias mombis</i>	0.3	1.1	33	35
<i>Stemmadenia donnell-smithii</i>	4.7	15.7	100	<b>120</b>
<i>Tabebuia rosea</i>	1.6	1.1	67	69
<i>Trichilia martiana</i>	1.0	3.9	100	105
<i>Trichilia spp</i>	0.3	0.6	33	34
<i>Zanthoxylum setulosum</i>	10.1	10.6	33	44



<b>Especies/Bosque 4</b>	<b>Area basal relativa (%)</b>	<b>Densidad relativa (%)</b>	<b>Frecuencia relativa (%)</b>	<b>IVI (%)</b>
<i>Acacia collinsii</i>	10.3	8.2	100	<b>119</b>
<i>Adelia triloba</i>	0.1	0.7	33	34
<i>Andira inermis</i>	0.0	0.7	33	34
<i>Annacardium excelsum</i>	0.2	0.7	33	34
<i>Tabebuia rosea</i>	0.1	0.7	33	34
<i>Bravaisia integerrima</i>	26.0	35.8	100	<b>162</b>
<i>Bursera simarouba</i>	1.5	0.7	33	36
<i>Calycophyllum candidissimum</i>	0.1	0.7	33	34
<i>Cecropia peltata</i>	1.6	0.7	33	36
<i>Ceiba pentandra</i>	4.8	2.2	67	74
<i>Coccoloba tuerkheimii</i>	0.4	0.7	33	35
<i>Couroupita nicaraguarensis</i>	4.1	4.5	67	75
<i>Guazuma ulmifolia</i>	5.9	3.7	67	76
<i>Lonchocarpus costarricense</i>	0.3	1.5	33	35
<i>Luhea seemannii</i>	11.7	3.7	100	115
<i>Morinda panamensis</i>	3.4	2.2	33	39
<i>Ocotea sp</i>	0.1	0.7	33	34
<i>Sapium glandulosum</i>	0.6	2.2	67	69
<i>Spondias mombis</i>	13.1	9.7	100	<b>123</b>
<i>Trichilia martiana</i>	15.9	19.4	100	<b>135</b>
<i>Xilosma chlorantha</i>	0.1	0.7	33	34

<b>Especies/Bosque 5</b>	<b>Área basal relativa (%)</b>	<b>Densidad relativa (%)</b>	<b>Frecuencia relativa (%)</b>	<b>IVI (%)</b>
<i>Acacia collinsii</i>	0.3	6.3	33.3	40
<i>Apeiba membranacea</i>	4.6	7.9	33.3	46
<i>Apoplanesia paniculata</i>	22.2	6.3	33.3	62
<i>Cacearea sp</i>	0.2	1.6	33.3	35
<i>Cecropia peltata</i>	0.2	1.6	33.3	35
<i>Coccoloba tuerkheimii</i>	10.5	7.9	66.7	85
<i>Cochlospermum vitifolium</i>	4.0	3.2	33.3	41
<i>Cordia collococca</i>	0.6	1.6	33.3	36
<i>Cordia sp</i>	0.3	3.2	33.3	37
<i>Cordia sp2</i>	0.3	1.6	33.3	35
<i>Dalbergia retusa</i>	1.9	1.6	33.3	37
<i>Guarea glabra</i>	1.3	7.9	33.3	43
<i>Guazuma ulmifolia</i>	12.4	12.7	100	<b>125</b>
<i>Pitecelobium longifolium</i>	1.3	1.6	33.3	36
<i>Ryania speciosa</i>	1.18	1.6	33.3	36
<i>Sapindus saponaria</i>	5.6	3.2	33.3	42
<i>Saprantus palanga</i>	0.91	1.6	33.3	36
<i>Spondias mombis</i>	5.21	3.2	66.7	75
<i>Tabebuia rosea</i>	0.16	1.6	33.3	35
<i>Trichilia cuachijuga</i>	3.04	23.8	66.7	<b>94</b>

<b>Especies/Bosque 6</b>	<b>Area basal Relativa (%)</b>	<b>Densidad Relativa (%)</b>	<b>Frecuencia Relativa (%)</b>	<b>IVI (%)</b>
<i>Acacia collinsii</i>	3.01	4.2	66.7	74
<i>Bursera simarouba</i>	2.3	1.1	33.3	37
<i>Caesalpineia coriarea</i>	0.3	1.1	33.3	35
<i>Cochlospermum vitifolium</i>	6.1	2.1	66.7	75
<i>Cordia sp</i>	2.5	2.1	33.3	38
<i>Croton sp</i>	0.5	2.1	33.3	36
<i>Diospyros salicifolia</i>	15.0	18.9	100	<b>134</b>
<i>Enterolobium spp2</i>	1.4	1.1	33.3	36
<i>Exostema caribaeum</i>	1.6	1.1	33.3	36
<i>Ficus sp</i>	76.6	2.1	66.7	76
<i>Gliricidia cepium</i>	6.7	4.2	100	<b>111</b>
<i>Hymenaea courbaril</i>	2.3	4.2	33.3	40
<i>Luhea candida</i>	0.9	1.1	33.3	35
<i>Luhea seemannii</i>	1.3	1.1	33.3	36
<i>Myroslpermum frutescens</i>	16.4	16.8	100	<b>133</b>
<i>Phylostylon brasiliensis</i>	0.3	1.1	33.3	35
<i>Platymicium sp</i>	1.85	1.1	33.3	36
<i>Stemmadenia obovata</i>	4.82	8.4	66.7	80
<i>Tabebuia spl</i>	13.54	18.9	66.7	99
<i>Thouinia serrata</i>	2.59	1.1	33.3	37
<i>Thouinidium decondrum</i>	3.35	4.2	100	<b>110</b>
<i>Trichilia americana</i>	2.21	1.1	33.3	37